ȘTEFAN VOICULESCU-DIOȘTI

EPURAREA APELOR INDUSTRIALE CU SUSPENSII MINERALE

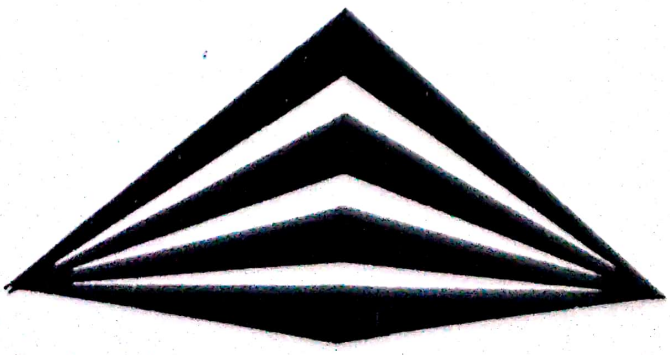
VOR APAREA:

Darabont Alexandru şi Văiteanu Dan
Combaterea poluării sonore şi a vibraţiilor

Voicu Victor, Casian Eugen şi Bărăscu Ion
Realizări recente în combaterea poluării atmosferei în industrie

Ursu Pascu, Frosin Dan, Popa Dorin, Tatu Elena şi Frosin Dora
Protejarea aerului atmosferic. Îndrumător practic

Simonetti Aurel
Canalizări în mediul rural



Lei 27

Scanned with OKEN Scanner

Ing. ȘTEFAN VOICULESCU-DIOȘTI

EPURAREA APELOR INDUSTRIALE CU SUSPENSII MINERALE

Protecția surselor naturale de apă
Procedeul „Depunerea subacvatică dirijată și sonda inversă"

Ediția a II-a

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREȘTI — 1975

Scanned with OKEN Scanner

Dezvoltarea industriei miniere și a materialelor de construcții s-a realizat prin deschiderea unor mine, cariere și balastiere cu capacități de producție mari, iar în anii următori aceste capacități vor fi mărite progresiv. De la asemenea capacități de producție rezultă cantități mari de ape reziduale cu suspensii minerale.

Evacuarea acestor ape impurificate direct în ruri duce la compromiterea faunei piscicole și la imposibilitatea folosirii lor de către riverani ; depunerea suspensiilor solide în albia rîurilor cauzează inundații dăunătoare terenurilor învecinate în perioada precipitațiilor mai abundente.

În lucrare se fac mai întîi considerații generale cu privire la apele industriale cu suspensii minerale și la regimul de deversare în cursurile naturale de apă, arătîndu-se metodele curente pentru evacuarea și limpezirea acestor ape.

Sînt aprofundate în mod deosebit particularitățile și comportamentul materialelor argiloase, care afectează stabilitatea depozitelor de steril.

După o trecere în revistă a metodelor și procedeelor folosite în trecut în România, pentru îndepărtarea sterilului și limpezirea apelor cu suspensii minerale, sînt descrise procedeele și utilajele întrebuințate în mod curent la noi în țară și pe plan mondial : îngroșătoare, decantoare centrifuge continue și hidrociclonarea.

Se descriu metodele de construire a digului de centură cu hidrociclonul și procedeul depunerii subacvatice dirijate, verificarea stabilității digului, amplasarea și proiectarea instalațiilor de decantare, inclusiv protejarea depozitelor de steril după abandonare.

În lucrare este analizat transportul tulburelii cu steril și utilajul modern de pompare, efectuînd refularea tulburelii abrazive fără a o trece prin pompa propriu-zisă :

— pompele cu funcționarea plungerelor în ulei și hidroelevatoarele, la care pompa centrifugă folosește apa curată în circuit închis ;

— sînt prezentate în lucrare rezultatele încercărilor experimentale, precum și ale lucrărilor de cercetare efectuate prin foraje și analize în laboratoarele de specialitate, cu privire la 25 iazuri de decantare din țara noastră.

Prin conținutul său și prin tratarea metodică a multiplelor aspecte ale tehnologiei epurării apelor cu suspensii minerale, prezenta lucrare aparține ansamblului de lucrări privind protecția mediului ambiant, avînd ca obiect protecția apei, elementul indispensabil activităților umane și existenței vieții pe oricare planetă.

Cartea se adresează în primul rînd inginerilor și tehnicienilor din unitățile industriei miniere și din institutele de proiectări și cercetări, interesînd de asemenea pe specialiștii din sfera Consiliului Național al Apelor, precum și pe studenții avansați ai facultăților de mine și construcții hidrotehnice.

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚĂ

Prevenirea și combaterea impurificării mediului înconjurător, respectiv protecția ambianței planetei noastre, este o problemă cu caracter internațional-universal.

Poluarea mediului ambiant este un vast complex de procese, care necesită eforturi de cercetare în multe discipline ca: biologia, chimia, geologia și fizica. Anumite domenii de cercetare mai amplă includ: ecologia, agronomia, geofizica, medicina, meteorologia, oceanografia și limnologia (condițiile fizice, chimice, meteorologice și biologice ale apei potabile).

Numai o singura disciplină sau orice ramură de cercetare nu poate avea un rol cheie în reducerea poluării mediului ambiant, ci numai efortul conjugat al diferitelor discipline poate aprofunda procesele fizico-biologice care afectează flora, fauna, aerul, apa și scoarța terestră.

Prevenirea și combaterea poluării mediului înconjurător poate fi divizată în diferite moduri, de exemplu ținînd seama de scopul protecției: apa, aerul, solul, subsolul, regnul animal, vegetal și microorganismele.

Ritmul sporit de creștere a populației, precum și îmbunătățirea standardului de viață aflat într-o continuă ascensiune — au ca efect ridicarea gradului de impurificare a mediului ambiant.

Grija omului pentru protejarea bunurilor care aparțin sferei sale de viață s-a manifestat din timpuri străvechi, ea fiind asociată cu noțiunea posesivă și cu existența fizică a bunurilor respective. Astfel, în hrisoave datate cu mai multe secole în urmă, se întîlnesc mențiuni cu privire la modul de transmitere a dreptului de proprietate asupra pămîntului, ca aceasta :... „să-l stăpînească fără vătămări din fundul pămîntului pînă-naltul cerului".

Formulată primordial cu sens de deziderat, noțiunea de protecție se extinde în prezent pe același portativ subsol, sol, atmosferă — dar este fundamentată pe reglementări legale, aplicate, care asigură protecția

Scanned with OKEN Scanner

pe verticală: apele subterane — prin tubarea și cimentarea găurilor de foraj, solul — prin controlul deversării reziduurilor în cursurile naturale de apă și atmosfera — prin combaterea noxelor provenite din activitățile umane, interzicerea exploziilor atomice și chiar a sborurilor supersonice.

Ciclul complex al factorilor impurificatori nu este afectat de frontiere politice.

De aceea au devenit necesare anumite acorduri internaționale, care pe baza unei depline cunoșteri a întregului sistem care generează poluarea — sursele și tipurile de impurificatori — să asigure protecția mediului ambiant, să păstreze echilibrul ecologic natural creat în timp și spațiu din evoluția și interacțiunea plantelor, animalelor și microorganismelor în raport direct cu factorii din mediul înconjurător și activitățile umane.

Pe plan extern este demn de menționat recomandarea pentru cooperarea internațională aprobată de Conferința Națiunilor Unite cu privire la mediul înconjurător, precum și acordul încheiat între 12 țări europene pentru controlul evacuărilor în Marea Nordului și Oceanul Atlantic de Nord Est, acordul între S.U.A. și Canada pentru protecția marilor lacuri și acordul dintre S.U.A. și U.R.S.S. cu privire la mediul înconjurător.

La acordul exitent pentru interzicerea exploziilor atomice (în atmosferă, sub apă și în subteran) trebuie să adere toate puterile atomice.

Pe plan național a fost legiferată protecția mediului ambiant, avînd ca scop menținerea echilibrului ecologic.

Astfel, potrivit Legii nr. 9 din 20 iunie 1973, protecția mediului înconjurător constituie o condiție „sine qua non" fiind parte integrantă din planul de dezvoltare a industriei.

De asemenea, protecția calității apelor a fost reglementată prin Legea gospodăririi apelor și prin aplicarea standardelor legale în vigoare.

Prezenta lucrare încompasează numai domeniul apelor industriale cu suspensii minerale, insistînd mai mult asupra celor din industria minieră, acestea fiind în cele mai mari cantități și mai încărcate cu suspensii minerale, datorită faptului că procesele tehnologice de prepararea substanțelor minerale utile folosesc cantități considerabile de apă care este apoi evacuată odată cu sterilul în suspensie.

Sînt trecute în revistă metodele și utilajele folosite în mod curent pe plan mondial pentru evacuarea tulburelii, depozitarea sterilului și limpezirea apelor provenite de la prepararea umedă a minereurilor, spălarea cărbunilor etc.

Este descrisă mai dezvoltat metodologia procedeului „Depunerea subacvatică dirijată" și „Sonda inversă".

Scanned with OKEN Scanner

Sînt prezentate rezultatele obținute în stația experimentală pentru verificarea procedeului, aprofundîndu-se procesul sedimentării și determinarea parametrilor specifici ai suspensiilor minerale care asigură o textură compactă digului de centură al iazului de decantare obținut prin „stratificația încrucișată" (în solzi) a suspensiilor minerale.

De asemenea sînt prezentate principiile de calcul, proiectarea, exploatarea și rezultatele obținute prin generalizarea acestui procedeu care se caracterizează prin fundamentare științifică, simplitate de construire și funcționare și îndeosebi printr-un cost de investiție de numai 1/3 comparativ cu procedeele clasice.

De la apariția primei ediții a acestei cărți s-au realizat progrese importante în domeniul epurării apelor cu suspensii minerale, ajungîndu-se la cunoașterea mai temeinică a structurii sedimentelor depuse în iazuri, ceea ce a dus la o revizuire și la întregirea cu noi capitole a primei ediții.

La noi în țară au fost inițiate și executate în două etape lucrări de cercetare extensivă pentru a cunoaște eficacitatea procedeului „Depunerea subacvatică dirijată" după o perioadă de aplicare de 10 respectiv 20 ani, investigînd modul de consolidare, la aceste intervale, al depozitelor de steril. Tema și programul lucrărilor etapei I le-am întocmit și urmărit în colaborare cu ing. I. Lăzărescu, conducătorul sectorului de preparare IPROMIN.

În acest scop s-au executat cîteva sute de foraje hidrogeotehnice în 25 depozite de steril pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice și a condițiilor hidrogeologice a depunerilor din corpul iazurilor pentru a se putea aprecia stabilitatea acestor depozite.

În paralel și în același scop s-au făcut investigații geofizice, seismice și electrometrice, precum și microbiologice.

La lucrările de cercetare au participat 10 institute de specialitate, IPROMIN fiind și coordonator.

Mulțumesc conducerii IPROMIN — Director ing. T. Bârsan și ing. N. Frățilă pentru spiritul de colaborare și sprijinul acordat.

De asemenea, în noua ediție sînt prezentate și realizările remarcabile din alte țări cu industrie dezvoltată, scoțînd în relief trăsăturile esențiale ale acestora.

Prin conținutul său și prin tratarea metodică a multiplelor aspecte ale tehnologiei epurării apelor cu suspensii minerale, prezenta lucrare aparține ansamblului de lucrări privind protecția mediului ambiant,

Scanned with OKEN Scanner

avînd ca obiect protecția apei, elementul indispensabil activităților umane și existenței vieții pe oricare planetă.

Cartea se adresează în primul rînd inginerilor și tehnicienilor din unitățile industriei miniere și din institutele de proiectări și cercetări, interesînd de asemenea pe specialiștii din sfera Consiliului Național al Apelor, precum și pe studenții avansați ai facultăților de mine și construcții hidrotehnice.

Ing. Dipl. ȘTEFAN VOICULESCU-DIOȘTI

București, 1975

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul

I

INDUSTRIA EXTRACTIVĂ ȘI PROTECȚIA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR. APE UZATE DIN INDUSTRIA MINIERĂ. PRIVIRE DE ANSAMBLU

Din activitatea industriei extractive, care este în continuă expansiune spre a asigura promovarea progresului economic, rezultă cantități considerabile de ape reziduale cu un conținut important de suspensii solide și substanțe chimice nocive. Astfel sînt :

— *apele de mină* evacuate din subteran și din cariere, apele de la lucrările de hidromecanizare pentru descoperte și construcții hidrotehnice ;

— *apele reziduale de la uzinele de preparare* a minereurilor neferoase, auroargentifere, nemetalifere de la spălarea cărbunilor și a gazelor de furnal etc.

A. APE DE MINĂ

În procesul de extracție minieră (cărbuni, minereuri și roci nemetalifere), prin lucrările respective — galerii, suitori, puțuri de aeraj și abataje — se deschid numeroase formații din coloana stratigrafică a scoarței terestre, interceptînd și stratele acvifere.

În spațiile goale create prin lucrările miniere situate sub nivelul hidrostatic, se acumulează apele drenate din pînzele acvifere, la care se adaugă și apele folosite în subteran la perforarea și rambleierea umedă, precum și la răcirea compresoarelor și combaterea prafului. Acestea constituie apele de mină și debitul lor este în funcție de caracteristicile pînzelor freatice interceptate și de volumul precipitațiilor anuale, precum și de cantitățile folosite în procesul tehnologic din subteran.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a permite desfășurarea lucrărilor în subteran, apele de mină sînt colectate în bazine (bataluri), amenajate de obicei lîngă puțurile de extracție, de unde sînt refulate la suprafață prin pompare.

Apele de mină provenite din minele de cărbuni și de minereuri sînt în general impurificate, caracteristicile lor fizico-chimice fiind foarte variabile, depinzînd de natura zăcămintelor și de procesele de dezintegrare și de dizolvare specifice bazinului minier respectiv.

Impurificarea apelor de mină este cauzată de diferite substanțe dizolvate — sulfați, cloruri etc. sau sub formă de suspensii solide și coloidale (particule de roci, cărbune și argilă avînd aspect de turbiditate) : conțin de asemenea bacterii și acizi, *p*H-ul variind de la alcalin la acid.

Evacuarea directă în emisar a apelor de mină, fără o epurare prealabilă, poate cauza poluarea acestuia, degradînd calitățile fizico-chimice ale apei.

Pentru combaterea nocivităților, apele de mină trebuie epurate atît fizic, cît și chimic, cu excepția cazurilor în care prin deversarea directă în emisar, nu se depășesc conținuturile de impurități admisibile în raport cu debitul acestuia.

Există și cazuri în care unele substanțe impurificatoare sînt recuperate în mod economic din apele de mină (Cu, oxizi de Fe). De asemenea, în multe cazuri, apele de mină epurate în prealabil se folosesc ca apă industrială în instalațiile de preparare a cărbunilor sau a minereurilor.

De exemplu, o metodă economică de epurare a apelor de mină constă în neutralizarea apei de mină cu var și deversarea într-un iaz de decantare, după ce a fost în prealabil amestecată cu apa reziduală a uzinei de preparare. Precipitatul rezultat din neutralizarea apei de mină rămîne în iaz, iar apa epurată este readusă în procesul tehnologic prin recircuitare.

B. APELE REZIDUALE ȘI STERILUL PROVENITE DE LA UZINELE DE PREPARARE ȘI DIN LUCRĂRILE DE HIDROMECANIZARE

Dintre procesele tehnologice aferente industriei miniere, prepararea și spălarea substanțelor utile consumă cele mai mari cantități de apă, deoarece majoritatea proceselor de concentrare a substanțelor minerale utile au loc în mediu umed. Întrucît raportul *S/L* pentru diferite procedee de preparare umedă variază între 1/20 și 1/3 și ținînd seama de tonajul anual de substanțe minerale utile supuse prelucrării, *cantitățile de apă folosită în* instalațiile de flotație cianurare, stampare etc., pentru obținerea concentratelor de aur,

Scanned with OKEN Scanner

argint, plumb, zinc, cupru, fier, uraniu, bismut, molibden, titan, magnan, pirită, grafit, apatită, fosfaţi, sulf, baritină, precum şi din instalaţiile de spălarea cărbunelui, caolinului, bauxitei, talcului cretei, diatomitei, nisipului industrial, a gazelor de la furnalele siderurgice, apele de la evacuarea zgurei şi cenuşii de la termocentrale şi apele provenite din lucrările de hidromecanizare executate pentru descoperte şi exploatări miniere la zi, amenajări şi construcţii hidrotehnice, plus apele pentru menţinerea curăţeniei în instalaţii şi apele de răcire a diferitelor utilaje, însumate, reprezintă un volum de circa *100 milioane* m^3/an.

Aceste ape sînt impurificate în primul rînd de suspensiile solide — sterilul rezultat din ganga minereurilor prelucrate reprezentînd 40—96% din totalul minereurilor brute cel de la spălătoriile de cărbuni şi substanţe nemetalifere 10—90%, iar la operaţiile de hidromecanizare 100%.

Aceste suspensii solide, care însumează anual o cantitate de ordinul zecilor de milioane de tone, sînt evacuate împreună cu apele uzate ce conţin şi reactivi de la preparare.

Astfel, apele de la flotaţiile pentru prepararea minereurilor neferoase şi aurifere conţin în soluţie xantaţi, fenoli, ditiofosfaţi (fosocresoli, aerofloaţi), săruri de metale grele (Cu, Zn, Pb, Fe, Mn), ioni CN sub formă de cianuri (conţinut redus) şi *p*H variabil datorită SO_4 şi Cl.

Apele de la instalaţiile de prepararea minereurilor aurifere prin metoda cianuraţiei, conţin arsen, ioni CN sub formă de cianuri-simple sau complexe (conţinut apreciabil), metale grele (sulfaţi solubili), iar apele provenite de la procedeul amalgamării sînt impurificate cu mercur metalic (în stare de dispersie fină — însumînd cîteva grame la tona de minereu prelucrat), ioni CN (conţinut redus), săruri de metale grele etc.

Din cercetările făcute, s-a constatat că 75—80% din reactivii folosiţi la flotaţie sînt reţinuţi în concentrate şi numai 20—25% sînt dispersaţi în apa uzată; de fapt şi acest procentaj se reduce simţitor în cursul decantării — în unele cazuri chiar la zero — fiind reţinuţi în sterilul sedimentat, nemaifiind necesară o epurare chimică a apelor evacuate în emisar.

Particularităţile fizico-chimice ale apelor impurificate cu suspensii solide şi reagenţi chimici nocivi, invederează acţiunea lor dăunătoare mediului ambiant, făcînd necesară studierea evacuării sterilului şi epurării apelor uzate, din punct de vedere tehnic, economic şi social-igienic.

Scanned with OKEN Scanner

1) *Din punct de vedere tehnic*, sterilul — așa cum s-a arătat mai înainte — este produsul procesului de preparare sau de hidromecanizare, în general sub formă de tulbureală, în care raportul S/L variază de la 1/3 pînă la 1/20. Între aceste limite se înscrie întreaga gamă de instalații : flotații, spălătorii de caolin și cărbune, hidromonitoare și șteampuri.

Mărimea particulelor solide antrenate în tulbureală este de asemenea variabilă și ea influențează regimul de transport hidraulic și procesul de limpezire.

Tehnologia modernă a preparării impune o măcinare a minereurilor la un grad de finețe 0,1 — 1μ (neobișnuit în trecut), astfel încît o bună parte din materialul evacuat din instalațiile de preparare cu apa reziduală este de ordin coloidal, ceea ce face ca procesul de decantare să fie foarte lent. Accelerarea procesului de decantare, adică separarea particulelor din mediul de dispersie (din apă) se realizează neutralizînd sarcinile electrice, cu care sînt încărcate particulele coloidale, cu electroliți (coagulare), sau curent electric continuu (electroforeză). Aceasta din urmă este folosită ca metodă de lucru pentru obținerea caolinului. În general, pentru limpezirea apei se folosesc electroliți ; datorită acțiunii ionilor electrolitului, se produce o separare a particulelor coloidale și ca urmare, o floculare a acestor particule, rezultînd un material cu o viteză de cădere mai mare.

Epurarea mecanică a apelor reziduale industriale cu suspensii minerale se realizează cu ajutorul deznisipatoarelor, decantoarelor orizontale, verticale și radiale — centrifugale (simple sau cu dispozitive mecanice de evacuarea nămolului), îngroșătoarelor (simple sau etajate), conurilor de decantare, filtrelor — presă, filtrelor cu vid (cilindrice sau cu discuri) și cu ajutorul centrifugelor (verticale sau orizontale).

Apa limpezită prin decantare sau centrifugare, trebuie epurată — dacă conține reactivi nocivi — și apoi evacuată în rîul receptor din apropiere sau recircuitată în instalația de preparare. Evacuarea apei limpezite prin scurgere directă, de obicei nu necesită investiții mari.

Recircuitarea apei limpezite pentru necesitățile de preparare se face cu ajutorul unei instalații de pompare și cu o conductă de recir-

Scanned with OKEN Scanner

cuitare; investiția necesitată de recircuitare este de fapt compensată de 3 factori: alimentare cu apă, recuperare de reactivi și epurare (prin faptul că se evită costul epurării, netrimițînd-o în emisar).

Îndepărtarea sterilului din instalațiile de epurare mecanică: toate categoriile de decantoare, din îngroșătoare, din conurile de decantare, din filtrele presă sau din filtrele cu vid și din instalațiile de centrifugare, necesită dispozitive mecanice de încărcare și transport. Transportul pînă la locul de depozitare se face fie pe calea ferată (îngustă sau normală), fie cu funicularul. În ambele cazuri se menționează dificultățile cauzate de îngheț. Atît calea ferată care — comportă și manipulări pentru descărcare pe haldă — cît și funicularul, sînt mijloace de transport scumpe, mai ales în cazul evacuării sterilului, acestea fiind investiții neproductive.

Transportul hidromecanic al sterilului cu apele reziduale sub formă de tulbureală de la instalația de preparare este mijlocul cel mai economic și este de preferat cînd se realizează prin scurgere liberă — gravitațional — și chiar prin pompare la distanțe și înălțimi mici și mijlocii.

În timp ce substanța utilă este comercializată sau expediată sub formă de concentrate, pe măsură ce sînt obținute, la uzinele metalurgice, substanța sterilă se acumulează încontinuu lîngă amplasamentul instalațiilor de preparare.

Acestui steril nu i se poate găsi întrebuințare imediată — sau în general nici una — și constituie un balast care pune probleme de exploatare din cele mai greu de rezolvat, mai ales atunci cînd relieful terenului nu este favorabil.

Sînt și situații cînd substanța solidă obținută din prima treaptă de preparare urmează a fi reținută și depozitată în condiții adecvate, în vederea completării procesului tehnologic pentru extragerea substanței utile.

De foarte multe ori și mai ales atunci cînd relieful terenului nu este corespunzător, problema evacuării și depozitării sterilului este decisivă în alegerea amplasamentului instalației de preparare, la stabilirea căruia, pe lîngă tonajul prelucrat zilnic, se ia în considerație și durata de exploatare pentru punerea în valoare a zăcămîntului respectiv.

2) *Din punct de vedere economic*, evacuarea și decantarea apelor reziduale reprezintă în general o servitute, prin faptul că aceste

Scanned with OKEN Scanner

operaţii comportă cheltuieli neproductive, cu următoarele excepţii :

1) *Cînd apa limpezită este recircuitată* spre a acoperi o parte din necesităţile de consum ale procesului tehnologic, recuperînd totodată şi o parte din reactivi
2) *Cînd se recuperează substanţe minerale utile* care scapă operaţiilor de preparare (de bază) sau *cînd materialul decantat este supus unei noi operaţii de preparare* (de exemplu rămăşiţele aurifere)
3) *Cînd sterilul poate fi utilizat ca rambleu în mină sau la fabricarea cărămizilor, sticlei, ori poate fi valorificat ca fertilizator în agricultură*

În oricare din cazurile arătate mai înainte, de valorificare parţială sau totală a apelor reziduale se impune efectuarea de calcule economice pentru determinarea eficienţei operaţiei respective.

3) *Din punct de vedere social-igienic*, evacuarea şi decantarea apelor reziduale trebuie astfel efectuată, încît :

— la deversare să nu impurifice rîurile, făcîndu-le improprii folosinţelor menajere, agricole şi zootehnice;

— oricare ar fi procedeele de epurare mecanică a apelor reziduale industriale cu suspensii minerale şi mijloacele de evacuare a sterilului, problema care trebuie rezolvată în mod corespunzător este depozitarea sterilului într-un loc adecvat, de unde să nu poată fi antrenant de ploi şi deci să nu degradeze terenurile riverane sau bazinele naturale de apă din apropiere, împotmolirea albiilor provocînd daune fondului piscicol, precum şi celui agricol în cazul revărsării apelor la viituri;

— să nu oprească şi să nu pericliteze dezvoltarea centrelor locuite (din punct de vedere igienic şi estetic) şi a industriilor din aval.

Întrucît exploatările miniere şi instalaţiile de preparare sînt în general diseminate pe reţelele hidrografice, ele au cauzat rîurilor serioase degradări.

Pentru evitarea degradării surselor naturale de apă, în fiecare ţară cu industrie dezvoltată există legi care asigură protecţia surselor naturale de apă — izvoare, rîuri, lacuri, pînze acvifere, mări şi oceane.

Condiţiile fizico-chimice şi bacteriologice pe care trebuie să le îndeplinească bazinele naturale de apă (curgătoare sau stătătoare) în regiunea de amestec cu apele reziduale sînt reglementate prin standarde şi normative, în care se indică şi concentraţiile limită admise pentru diferite substanţe toxice.

Scanned with OKEN Scanner

În Republica Socialistă România, protecţia mediului înconjurător — îndeosebi prevenirea şi combaterea poluării apei şi atmosferei — fac parte integrantă din planul de dezvoltare a industriei şi au fost reglementate în diferite etape prin Hotărîri ale Consiliului de Miniştri, începînd din anul 1952 (H.C.M. nr. 608/1952 şi prin normative şi standarde (STAS 4706-55 cu modificările ulterioare STAS 4706-66).

Recenta lege pentru protecţia mediului înconjurător este foarte cuprinzătoare şi prevede sancţiuni pentru nerespectarea şi neluarea măsurilor de protecţie privind : aerul, apele, solul, subsolul şi resursele sale naturale, pădurile şi orice vegetaţie terestră sau acvatică, fauna terestră şi acvatică, monumentele naturii şi aşezările omeneşti. Cu privire la protecţia calităţii apelor, se menţionează legea privind gospodărirea apelor, precum şi colecţia de standarde privind condiţiile de calitate (5 la număr) şi metodele de analiză (30 standarde pentru apa potabilă, 43 pentru ape de suprafaţă şi ape uzate, precum şi 15 standarde pentru apă şi abur din instalaţiile de cazane).

Consiliul pentru calitatea mediului înconjurător din S.U.A. — în raportul său anual — a evaluat la 287 miliarde dolari cheltuielile necesare pentru curăţirea mediului ambiant pe perioada anilor 1971—1980, indicînd următoarele proporţii : 37% pentru calitatea aerului, 30% pentru calitatea apei ; 30% pentru colectarea şi depozitarea reziduurilor solide şi 3% pentru diverse [3].

În România, deja cu mulţi ani în urmă, epurarea fizică a apelor uzate constituie condiţia „sine qua non" pentru obţinerea autorizaţiei de punere în funcţiune a instalaţiilor de preparare a minereurilor, în schimb însă, epurarea chimică este realizată numai sporadic.

Pentru epurarea fizică a apelor uzate şi haldarea sterilului de la uzinele de prepararea minereurilor se foloseşte pe plan general procedeul „*Depunerii subacvatice dirijate*", realizîndu-se concomitent digul de centură prin sedimentarea solziformă a suspensiilor solide şi limpezirea apei în iazul de decantare, de unde este evacuată prin „*Sonde inverse*". Acest procedeu este cel mai economic, atît din punct de vedere al costului investiţiei, cît şi al cheltuielilor de exploatare, iar rezultatele obţinute în decurs de 25 de ani de aplicare sînt foarte bune dacă fluxul de deversare a tulburelii este stabilit în funcţie de caracteristicile fizico-mecanice, ţinînd seama de granulometria şi componenţa mineralogică a sterilului. Respectînd metodo-

Scanned with OKEN Scanner

logia de funcționare a instalației de decantare se obține un sediment cu taluz stabil și impermeabil, precum și un grad de limpezire a apei evacuate, care satisface prescripțiile standardului în vigoare.

Procedeul „*Depunerea subacvatică dirijată*" este aplicabil și pentru epurarea apelor de la spălarea cărbunelui, dacă componența granulometrică este adecvată și conținutul de argilă nu depășește 1/3 din total. În cazurile unde predomină argilele dispersate în formă coloidală, pentru epurarea apelor de spălare se folosesc îngroșătoarele circulare cu adaos de coagulanți și filtre-presă pentru deshidratarea nămolului, iar apa este recircuitată. Nămolul deshidratat este transportat și depozitat în halde sau valorificat direct, dacă are un conținut, apreciabil de praf de cărbune [1].

Epurarea chimică a apelor de la prepararea mineralelor este o operație mai complexă, depinzînd de numărul de impurificatori și de gradul lor de toxicitate (fenoli, cianuri etc.) și de aceea metodele sînt diferite:

— pentru a evita impurificarea apelor de preparare se folosesc, acolo unde este posibil, agenți biodegradabili sau netoxici;

— se folosesc metode de oxidare a fenolilor și cianurilor, dar se produc săruri care impurifică la rîndul lor apa; de aceea ICEMIN a efectuat lucrări de cercetare, menite să combată nocivitatea impurificatorilor fără a le modifica compoziția inițială, folosind metode fizice sau chimice, cum sînt hidroliza, ozonificarea, electroliza, cîmpuri ultrasonice, cîmpuri electrice, osmoza, schimbări de ioni sau metode biologice cu filtre biochimice și nămol activ [2].

Tot în scopul evitării poluării cursurilor naturale de ape, se aplică pe scară întinsă recircuitarea apelor uzate, obținîndu-se pe lîngă evitarea poluării și o substanțială reducere a consumului de reactivi.

În cazul în care emisarul receptor are un debit și o categorie de încadrare în standardul în vigoare, astfel ca după deversarea apelor reziduale să nu se depășească conținuturile de impurități admisibile, se poate evita epurarea chimică — care este foarte costisitoare, mărind costul producției miniere.

Sterilul de la prepararea umedă a minereurilor și de la spălarea cărbunelui dacă nu este întrebuințat fie ca rambleu în mină, fie ca material de construcție — continuă să rămînă un factor impurificator al mediului ambiant (aer și apă) și după depozitare în iazuri sau în halde, întrucît sub acțiunea agenților externi, îngheț-dezgheț,

Scanned with OKEN Scanner

se dezagregă şi este antrenat de vînt sau de apele provenite din precipitaţii.

De asemenea, atît depozitele din iazuri, cît şi haldele prezintă pericol de alunecare, cauzată de infiltraţiile din precipitaţii, dacă stabilitatea lor nu este consolidată corespunzător şi pot provoca distrugeri prin prăbuşirea lor.

Pentru combaterea poluării mediului ambiant, după abandonarea depozitelor din iazuri şi a haldelor, trebuie prevăzute chiar din faza de proiectare lucrările de stabilizare fizică, vegetală — cu selecţionarea de specii adecvate de la caz la caz — sau combinată cu stabilizarea chimică cu adezivi răşinoşi, sulfonaţi de calciu, ciment şi aditivi de lapte de var, silicaţi de sodiu, polimeri etc. [4 şi 5].

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul

II

CARACTERISTICILE ŞI PARAMETRII PRINCIPALI AI SUSPENSIILOR MINERALE ŞI AI APELOR REZULTATE DIN PROCESUL DE PREPARARE — TULBUREALĂ

A. CARACTERISTICILE SUSPENSIILOR MINERALE

Sedimentul propriu-zis rezultat din decantarea suspensiilor minerale se caracterizează prin: 1) *componenţa chimico-mineralogică*: 2) *granulometrie*; 3) *indicii fizico-mecanici*: porozitate; greutate volumetrică; capilaritate; gradul de umiditate; indicele de plasticitate; indicele de consistenţă; gradul de îndesare-capacitatea de îndesare; modulu de compresibilitate; tasarea specifică; limita de frămîntare şi de curgere; unghiul de frecare interioară (în stare uscată şi umedă); coeziune; permeabilitate; coeficientul de filtrare; rezistenţa la penetrare; rezistenţa la forfecare şi rezistivitatea.

1. Componenţa chimico-mineralogică şi tixotropia

Se stabileşte prin analiza chimică elementară a sterilului din apele reziduale şi prin corelarea observaţiilor microscopice cu analizele roentghenostructurale, analizele termice respectiv termodiferenţiale (ATD) şi termogravimetrice (TG).

Microscopul permite examinarea formei particulelor de steril. În general, forma particulelor se caracterizează printr-un coeficient de sfericitate, care se defineşte prin raportul dintre volumul particulei şi cel al celei mai mici sfere circumscrise. Un coeficient de 0,80 este frecvent la nisipuri. Cu ultramicroscopul electronic se pot examina cele mai fine particule de argilă separate în prealabil prin procedee ultrasonice sau cu un agent dispersant. Microagregatele de

Scanned with OKEN Scanner

ordinul 0,1 —1μ, după dispersare, pot fi observate cu microscopul electronic.

Examinate la raze X microagregatele de argilă au formă de disc; la unele cristale de bentonite raportul dintre lăţimea cea mai mare şi grosime este mai mare de 250.

Datorită formei de disc rezultă o foarte mare suprafaţă specifică, care depăşeşte 100 m^2/g la unele argile.

Metoda de analiză cu raze X se bazează pe fenomenul difracţiei razelor în jurul particulelor, formînd un halo de difracţie; curba de intensitate a fasciculului difractat variază în funcţie de unghiul de difracţie.

Microagregatele de ordinul 0,1 —1μ care se observă la microscopul electronic sînt de fapt îngrămădiri de foiţe; foiţele fiind grupări de atomi aşezaţi într-un sistem geometric.

Există două sisteme de structuri atomice care alcătuiesc reţeaua cristalină a mineralelor argiloase:

1) *Primul sistem de structuri atomice* constă dintr-un tetraedru, avînd la vîrfuri 4 atomi de oxigen sau hidroxili după Grim [9] sau 3 atomi de oxigen şi un hidroxil după Caquot [8], iar la centru un atom de siliciu (fig. II. 1, *a*); aceşti tetraedri se asociază, constituind foiţe cu reţeaua hexagonală — $Si_4O_6(OH)_4$ toţi atomii de oxigen fiind în acelaşi plan şi fiecare dintre ei fiind comun la doi tetraedri (fig. II/1, *b*); în vîrfurile tetraedrilor hidroxili sînt astfel dispuşi încît foiţa poate fi considerată ca fiind formată dintr-un strat de atomi de siliciu între un strat de atomi de oxigen şi un strat de oxidrili.

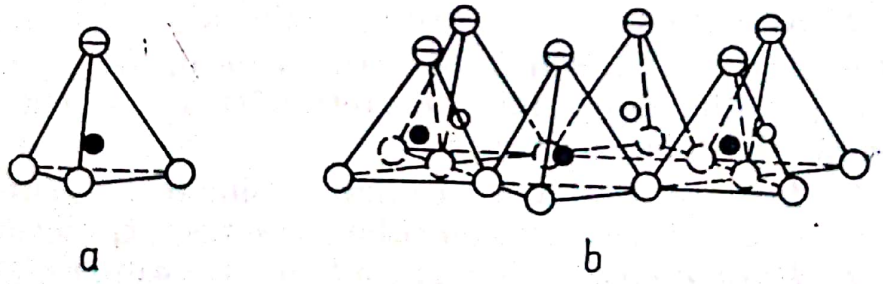


Fig. II.1. Structura siliciului:
a — schema unui singur tetraedru cu siliciu; *b* — structura reţelei hexagonale a tetraedrilor cu siliciu [8].

Convenţional, această structură se reprezintă prin simbolul trapezoidal ⏢ baza mare reprezentînd oxigenii, iar baza mică hidroxilii;

2) *Al doilea sistem de structuri atomice* constă dintr-un octaedru (fig. II. 2, *a*) în centrul căruia un atom de Al, Fe sau Mg este la egală

Scanned with OKEN Scanner

distanţă de 6 hidroxili; prin combinarea repetată a acestor octaedri rezultă o foiţă (fig. II. 2, *b*), care poate fi considerată ca fiind alcătuită dintr-un strat de Al, Fe sau Mg cuprins între două strate de hidroxili. Cînd aluminiul este prezent rezultă formula $Al_2(OH)_6$, iar cînd magneziul este prezent — formula $Mg_3(OH)_6$. Acest tip de foiţă este reprezentat simbolic printr-un dreptunghi ▭.

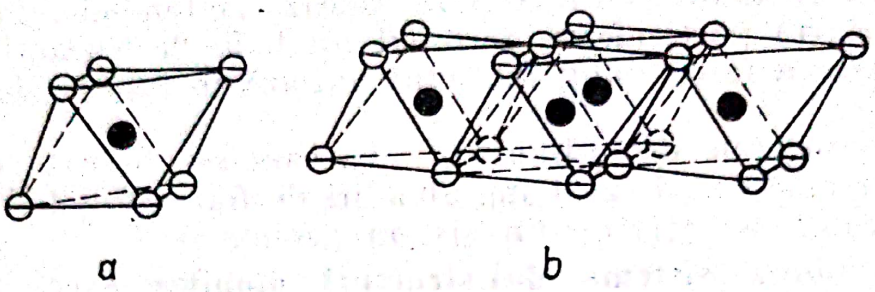


Fig. II.2. Structuri atomice octaedrice:
a — schema unui singur octaedru; *b* — structura unei asociaţii de tetraedri [8].

Din combinarea stratelor de tetraedre sau octaedre rezultă reţeaua cristalină a mineralelor argiloase, iar Grim [9] a clasificat mineralele argiloase supă modul de alcătuire a reţelei cristaline, *în amorfe* şi *cristaline*, iar cele cristaline astfel:

1) *Cu structură bistratificată* (structurile în formă de lamelă sînt compuse dintr-o foiţă de tetraedri cu siliciu şi o foiţă de octaedri cu aluminiu). Acestea pot fi:
   1) Echidimensionale: grupul caolinit (caolinit, nacrit etc.)
   2) Alungite: grupul haloisit

2) *Cu structură tristratificată* (structurile în formă de lamelă sînt compuse din două foiţe de tetraedri cu siliciu şi o foiţă dioctaedrică sau trioctaedrică):
   1) *Reţea extensibilă*: echidimensională — grupul montmorillonit (montmorillonit, sauconit, vermiculit)
   2) *Reţea alungită*: grupul montmorillonit (nontronit, saponit, hectorit)
   3) *Reţea neextensibilă*: grupul illit

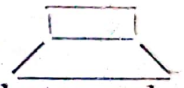
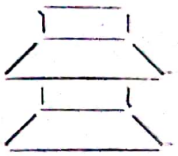
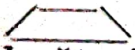
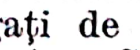
3) *Tipuri cu structuri mixte* aşezate regulat (aşezare ordonată din foiţe alternante de diverse tipuri)

4) Tipuri cu *structură în formă de lanţ* (lanţuri similare cu hornblenda — formate din tetraedre, cu siliciu legate cu grupuri octaedrice de oxigen şi hidroxili conţinînd atomi de Al şi Mg: attapulgit; sepiolit; palygorskit

Scanned with OKEN Scanner

Modul simbolic de reprezentare permite prezentarea alcătuirii a două argile tipice cu proprietăţi foarte diferite: *caolinitul*, care formează o trecere între nisipuri şi argile, şi care este cea mai nisipoasă dintre argile, şi, *montmorillonitul*, cea mai argiloasă dintre argile, care prezintă caracterisici deosebit de importante: astfel bentonita (din grupul montmorillonitului) este folosită la prepararea fluidelor de foraj, conferindu-le proprietăţi coloidale adecvate, pentru colmatarea găurii de foraj fără a ceda apa (evitînd contaminarea formaţiei deschise) şi menţinerea în suspensie a detritusului, datorită tixotropiei (evitînd astfel decantarea suspensiilor solide în caz de oprirea circulaţiei în gaura de foraj, ceea ce ar provoca înţepenirea garniturii de prăjini) [11].

Caolinitul are structură cristalină compusă dintr-o singură foiţă tetraedrică şi o foiţă octoedrică care sînt suprapuse, vîrfurile primei fiind în acelşi plan cu unul din stratele de hidroxili din cea de a doua; astfel o unitate de caolinit poate fi considerată ca fiind formată dintr-un pachet de strate de oxigen, siliciu, oxigen, hidroxil, aluminiu şi hidroxil, constituind o lamelă de 7 Å ce se extinde indefinit în cele două direcţii.

Această structură poate fi reperezentată prin simbolul  care are o grosime de 7 Å. Cristalul de caolinit este un pachet rezultat din suprapunerea (stivuirea) unor astfel de straie  (ca filele de carte, adesea 100 şi mai multe), astfel încît se ajunge în sensul perpendicular pe planele de suprapunere la o dimensiune de ordinul a 1 000 Å, adică la dimensiunea de 0,1 μ, care se poate observa la microscopul electronic. În aceste pachete, atomii de oxigen ai foiţelor  sînt legaţi de hidroxilii din foiţele  probabil prin legături hidrogenice. Ca trăsături esenţiale la structurile de caolinit se menţionează marea lor stabilitate: supuse la eforturi nu apare disocierea acestor structuri şi apa nu poate pătrunde între diferitele foiţe pentru a putea umfla pachetul; în schimb clivează după suprafeţele plane care separă foiţele de 7Å grosime. Formula structurală generală a caolinitului este $(OH)_8Al_4Si_4O_{10}$.

Aproape nu există posibilitate de înlocuire izomorfă, dar în cîteva cazuri evidenţa sugerează o foarte mică înlocuire a fierului sau titanului cu aluminiu. Compoziţia teoretică exprimată în oxizi este: SiO_2, 46,54%; Al_2O_3, 39,50%; H_2O, 13,96%. Caolinitul este neutru din punct de vedere electric.

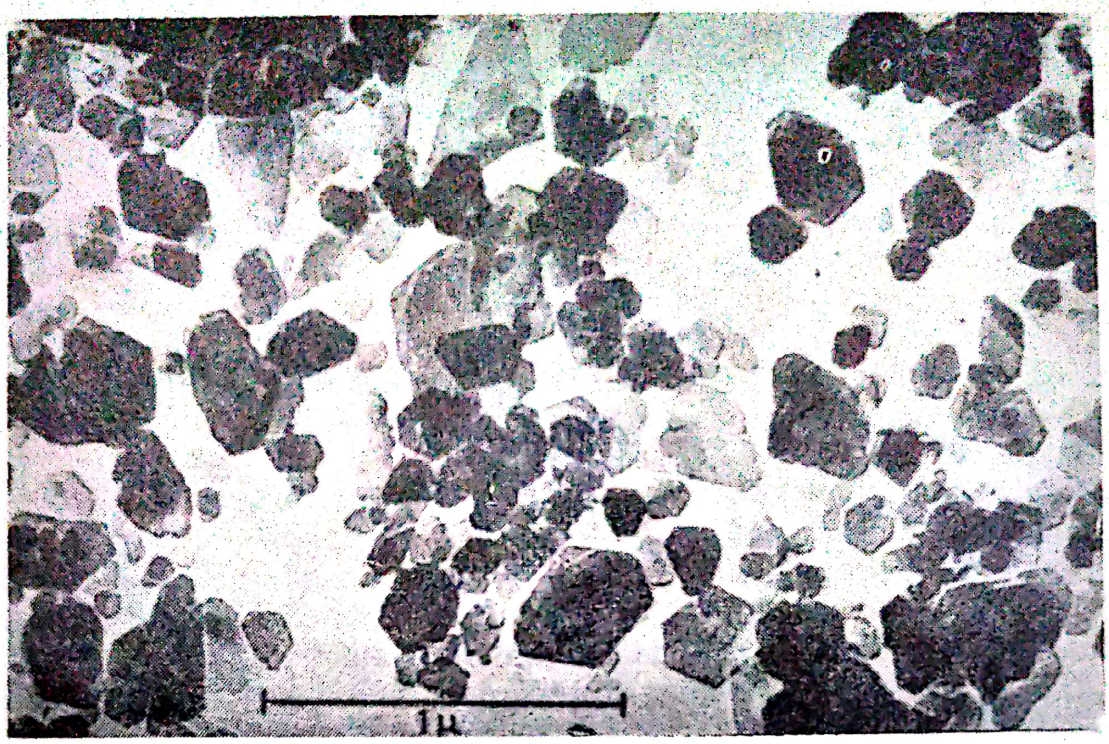


Fig. II. 3. Particulele de caolinit văzute la microscopul electronic [9].

Fig. II. 4. Proiecţie microscopică, ilustrînd acoperirea neregulată a grăunţilor de cuarţ cu foiţe (solzi) mici şi agregate mari de foiţe de caolinit [9].

Scanned with OKEN Scanner

Micrografia caolinitului efectuată cu microscopul electronic arată solzi hexagonali teşiţi cu feţe de 0,3—4μ şi cu grosimi de 0,0—2 μ.

Compoziţia chimică a cîtorva argile caolinitice
(conform Laboratorului de cercetări pentru petrol şi gaze—Bucureşti)

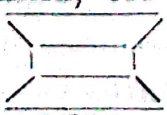
Oxizi	1	2	3	4
SiO_2	46,56	43,93	60,19	50,29
TiO_2	2,87	1,96	1,41	—
Al_2O_3	36,63	38,29	20,74	34,30
Fe_2O_3	0,66	1,05	2,95	1,89
FeO	0,08	Med.	0,18	—
MgO	0,88	0,15	1,28	—
CaO	0,11	0,28	0,45	—
MnO	—	—	0,02	—
K_2O	0,04	0,16	2,13	—
Na_2O	0,23	0,38	0,64	0,72
$\pm H_2O$	—	—	9,47	11,53
SO_3	—	—	0,18	—
CO_2	—	—	—	—
Pierderi prin calcinare	12,77	13,53	—	—
Total	100,83	99,23	100,64	98,65

În grupul caolinitului se enumeră şi *dikitul*, *nacritul* şi *anauxitul*.

Haloisit se prezintă în două forme, avînd compoziţiile: $(OH)_8Si_4Al_4O_{10}$ şi $(OH)_8Si_4Al_4O_{10} \cdot 4\ H_2O$, aceasta avînd între foiţe un strat monomolecular de apă.

Cristalele haloisitului sînt formate din strate succesive, în general de formă tubulară şi cu aceeaşi compoziţie structurală ca cele ale caolinului. Se dispersează foarte uşor în apă, iar grosimea foiţelor este de 7,2 Å respectiv 10,1Å. Diferenţa de 2,9 Å este aproximativ grosimea stratului monomolecular de apă.

Diametrul exterior al tuburilor este de 0,04—0,17 μ în medie 0,7μ, iar grosimea pereţilor de circa 0,02 μ.

Montmorillonitul este alcătuit din foiţe, fiecare foiţă avînd două strate marginale de tetraedre cu siliciu şi un strat central cu octaedre de aluminiu, ori fier, ori magneziu, sau o combinaţie simbolic reprezentat  şi are 9,6 Å grosime. În general, mai puţin cu 15% din siliciu poate fi înlocuit de aluminiu (fenomen de

Scanned with OKEN Scanner

înlocuire izomorfă) generînd sarcini negative care sînt satisfăcute prin atragere de cationi de Na^+, Ca^{2+} sau K^+.

Cînd înlocuirea se face numai cu magneziu, mineralul are denumirea de saponit, iar cînd numai fierul este adsorbit și ocupă locurile din octaedri, se cheamă *nontronit*.

Fig. II. 5. Particulele tubulare de haloisit văzute la microscopul electronic [9].

Foițele de 9,6 Å sînt stivuite ca foile unei cărți, fără ca să fie în contact — spre deosebire de caolinit — ele fiind separate prin intervale mai mult sau mai puțin groase, în care se găsește apă adsorbită, precum și cationi din cei menționați mai înainte. Forțele de atracție între foițele de 9,6 Å sînt cu atît mai slabe, cu cît intervalele sînt mai mari și invers, astfel încît în apă, montmorillonitul se umflă, iar coeziunea scade. Montmorillonitul se dispersează repede în apă în particule extrem de fine, mai cu seamă cînd cationul de schimb este sodiul.

Figura II 6 [9] arată acoperirea grăunților de cuarț cu o pojghiță netedă de argilă de tipul montmorillonitului cu sodiu. Argila este alcătuită din foițe solziforme, iar amestecată cu apă și grăunți de nisip se fărămițează în solzi extrem de fini care se stivuiesc unii peste alții ca să alcătuiască acoperirea granulelor de cuarț.

Apa adăugată pătrunde în montmorillonit și formează o peliculă (film) care acoperă fețele fiecărui solz în parte. Cînd filmul este subțire, moleculele de apă care alcătuiesc filmul ocupă poziții fixe și bine definite în raport cu fața agregatelor de montmorillonit. O astfel de apă în care moleculele sînt orientate și au o poziție fixă nu este fluidă, ci solidă și rigidă. Prin adăugire de apă filmul se îngroașă treptat, astfel încît primul strat are grosimea unei molecule, adaosul de apă formînd al doilea strat de grosimea unei molecule etc.

Orientarea moleculelor de apă și rigiditatea ca atare sînt cauzate de aranjamentul atomilor care alcătuiesc însuși montmorillonitul.

Efectul aranjamentului atomilor în montmorillonit se extinde pînă la o a numită distanţă-limită — de la suprafaţa solzilor, deci caracterul rigid al apei de asemenea se extinde pînă la o anumită distanţă limită de la suprafaţă.

Grosimea filmului de apă este de aproximativ 8 Å şi este cu ceva mai puţin ca grosimea unui singure unităţi de montmorillonit de 9,6 Å, astfel că acoperirea fiecărei granule de cuarţ poate fi reprezentată ca o alternanţă de strate de montmorillonit şi de strate „solide" de apă, rigide, care sînt cu ceva mai subţiri decît stratele de argilă.

Montmorillonitul cu calciu diferă de cel cu sodiu prin faptul că filmul de apă are grosimea a 4 molecule de apă, iar cel cu sodiu are grosimea a 3 molecule de apă ; cu alte cuvinte montmorillonitul cu calciu poate reţine 4 molecule de apă în condiţia de rigiditate, iar cel cu sodiu numai 3 molecule de apă, în condiţia de rigiditate. Cauza diferenţei de putere de reţinere a apei a celor două montmorillonite rezidă în mare măsură în cationii de schimb pe care ele îi poartă.

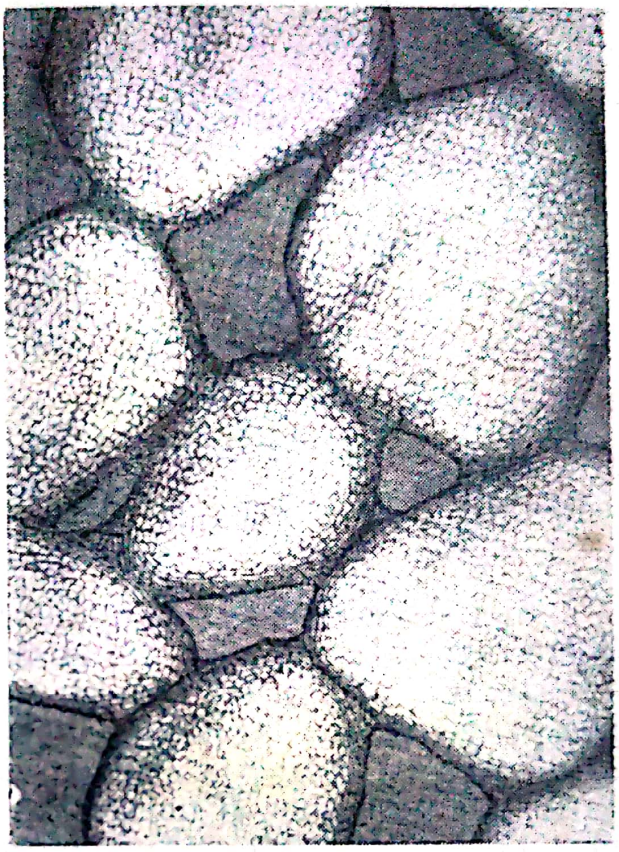


Fig. II. 6. Ilustrare microscopică arătînd acoperirea netedă a granulelor de cuarţ cu solizi de montmorillonit cu sodiu şi agregatele în formă de pană de la joncţiunea granulelor de cuarţ pe care le solidarizează [9].

Formula generală a montmorillonitelor este:

$$O_{10}(OH)_2Al_2Si_{4-x}Al_xK_x\ ;\ x<1$$

Al_2 poate fi înlocuit prin: Fe_2^{3+} ; Fe_3^{2+} ; Mg_3 ; Ca_3 ; K_6 ; Na_6

K pote fi înlocuit prin: Na ; $Ca_{0.5}$; $Mg_{0.5}$

Există puţini hidroxili OH şi mai puţin Al

La montmorillonit raportul $\frac{SiO_2}{Al_2O_3} = \frac{4-x}{1+\frac{x}{2}}$ este mai mare decît la caolinit deoarece $x<1$

Scanned with OKEN Scanner

În tabelul de mai jos se dă compoziția chimică a cîtorva bentonite (după laboratorul I.P.G.G.)

Oxizi	1	2	3	4	5
SiO_2	65,04	69,71	62,08	76,26	57,70
TiO_2	0,21	—	—	—	—
Al_2O_3	17,07	11,25	16,30	13,32	17,85
Fe_2O_3	3,60	2,00	2,25	0,27	3,60
(+FeO)	—	—	—	—	—
CaO	0,83	1,29	1,05	1,64	3,44
MgO	3,53	1,73	1,90	2,17	2,30
Na_2O	2,37	3,36	2,33	0,92	2,10
K_2O	0,15	1,41	0,43	—	—
P_2O_5	—	—	—	0,07	—
Pierderi prin calcinare	11,28	9,10	13,51	5,23	13,00
Total	104,08	99,85	99,85	99,88	99,99

Apa de adsorbție, schimbul de cationi și anioni. Pe lîngă apa liberă sau gravitațională, ținînd seama de granulometria sedimentelor din iaz, mai ales în centrul său (nisipuri fine prăfoase și argile nisipoase) este și apa legată sau adsorbită.

Forțele de atracție moleculară iau naștere la suprafața de separație a particulelor și dezvoltă tensiuni superficiale datorită cărora granulele solide se acoperă cu un film (strat subțire) de apă. Fenomenul poartă numele de adsorbție. Datorită acestui fenomen, la particulele fine nu se poate vorbi de un contact intim între acestea, ci doar de un contact între particulele de apă adsorbită. Grosimea stratului de apă adsorbită, care separă particulele, depinde de presiunea care se transmite asupra întregului sistem. O comprimare a sedimentului are ca urmare o micșorare a grosimii stratului de apă adsorbită, eliminîndu-se în primul rînd apa slab legată și pe măsură ce sarcina crește, și o parte din apa strîns legată, particula rămînînd înconjurată de apa rigidizată. Grosimea stratului de apă adsorbită mai este determinată și de natura ionilor din complexul de adsorbție, deci de proprietățile sedimentului.

Ionii adsorbiți se pot schimba cu cei din soluție după legile chimice. Astfel, ionul de Ca bivalent poate înlocui doi ioni monovalenți de sodiu, potasiu sau de litiu. Acest lucru permite înlocuirea pe cale artificială a ionilor din complexul de adsorbție, ceea ce este deosebit de important în practică, servind la condiționarea proprietăților fizico-mecanice a sedimentelor, pe cale electrochimică.

Scanned with OKEN Scanner

Cantitatea totală de cationi înlocuibili se numește capacitate de schimb și se exprimă în miliechivalenți pe 100 g, adică numărul de miligrame de cationi corespunzător la o sută de grame de sediment uscat, împărțit cu greutatea echivalentă a bazei (greutatea atomică raportată la valență). Capacitatea de schimb are loc în conformitate cu puterea de înlocuire a cationilor :

$$H^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+ > Li^+.$$

Capacitatea de schimb variază și cu natura materialului argilos; astfel, după Grim [9] mineralele argiloase prezintă următoarele variații.

Capacitatea de schimb cationi		Capacitatea de schimb de anioni	
Caolinit	3 — 15	Caolinit	6,6 — 20,2
Montmorillonit	80 — 150	Montmorillonit	23 — 31
Illit	10 — 40	Beidellit	21
Haloisit 2 H_2O	5 — 10	Nontronit	12 — 21
Haloisit 4H_2O	10 — 40	Vermiculit	4
Vermiculit	100 — 150	Saporit	21
Chlorit	10 — 40		
Sepiolit-attapulgit	20 — 30 (după King)		

Energia de legătură a apei cu materialul dispers este în funcție de forma de legătură a apei cu materialul respectiv; în literatură sînt menționate *4 forme de legătură.* Astfel :

1) *Apa liberă* este apa reținută în mod mecanic de structura dispersă
2) *Apa capilar-legată* a cărei energie de legare E_l este în funcție de diametrul capilarului :

d, în μ	1 000	100	10	1	0,10	0,01	0,001
E_l, în g · cm/g apă	3	$3 \cdot 10$	$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$

3) *Apa chimic-legată* este apa de constituție, apa de cristalizare :
— cristalizată în interiorul rețelei cristaline intrînd în compoziția mineralelor. Apa este legată chimic sub formă de

ioni hidroxili în hidraţi, apa cristalohidraţilor fiind mai slab legată (labil)
Energia de legătură E_l depinde de numărul de molecule de apă de cristalizare; în cazul sulfatului de cupru:

- *5 molecule de apă*: $E_l = 2{,}74 \cdot 10^{10}$ erg/mol sau $1{,}55 \times 10^6$ g·cm/g apă
- *3 molecule de apă*: $E_l = 3{,}60 \cdot 10^{10}$ erg/mol sau $2{,}04 \times 10^6$ g·cm/g *apă*
- *1 moleculă de apă*: $E_l = 8{,}40 \cdot 10^{10}$ erg/mol sau $4{,}76 \times 10^6$ g·cm/g *apă*

4) *Apa fizic-legată* — apa higroscopică şi apa de hidratare este o apă peliculară în afara reţelei cristaline, formînd un înveliş în jurul particulelor disperse
Apa higroscopică se prezintă sub forma unei pelicule (pojghiţe) extrem de fine, legată de suprafaţa particulelor de argilă disperse prin forţe de atracţie foarte mari (caracter de rigiditate)
Apa de hidratare este reţinută de suprafaţa particulelor de argilă cu forţe mult mai mici

Grosimea stratului apei de hidratare depinde de mărimea potenţialului electrocinetic al particulelor de argilă. La o distanţă mai mare de particule, forţele de legătură slăbesc, atracţia dintre moleculele de apă este mai redusă, iar proprietăţile apei higroscopice se apropie de cele ale apei obişnuite — a apei libere.

Electroosmoza este metodă folosită pentru asigurarea stabilităţii sedimentelor periclitate de acţiunea hidrodinamică a apei, precum şi pentru accelerarea procesului de consolidare, prin drenarea apei legate sau *metoda electrochimică*, care are drept efect, ca urmare a trecerii mai îndelungate a curentului electric continuu prin pămînt, o modificare a complexului de adsorbţie al particulelor solide şi formarea unor compuşi cu caracter de lianţi — iar ca urmare practică a acestor fenomene este schimbarea comportării sedimentului în prezenţa apei şi întărirea lui.

Lichefierea nisipurilor. La contactul dintre particulele de nisip apar meniscuri capilare sub forma unor inele în jurul punctelor de contact, creînd coeziunea. Această legătură dintre particulele de nisip este influenţată de factorii care modifică tensiunea superficială sau curbura meniscurilor, cum sînt: temperatura, conţinutul de apă şi şocurile.

Scanned with OKEN Scanner

Un șoc mecanic puternic are ca efect distrugerea pentru un moment a meniscurilor și deci dispariția coeziunii, putînd să apară pentru umidități mari lichefierea bruscă a masei de nisip. Cînd masa de nisip are porii saturați cu apă, nemaiexistînd meniscuri de apă, coeziunea arătată mai înainte nu se mai manifestă, de unde și-a primit denumirea de coeziune aparentă [10].

Șocurile provocate de impacte sînt deosebit de periculoase pentru fundațiile așezate pe nisipuri fine saturate cu apă sau pentru nisipuri afînate.

În fig. II. 7 se arată o clădire cu scheletul de beton armat fundată pe un nisip afînat care s-a lichefiat din cauza cutremurului de pămînt de la Niiagata [8].

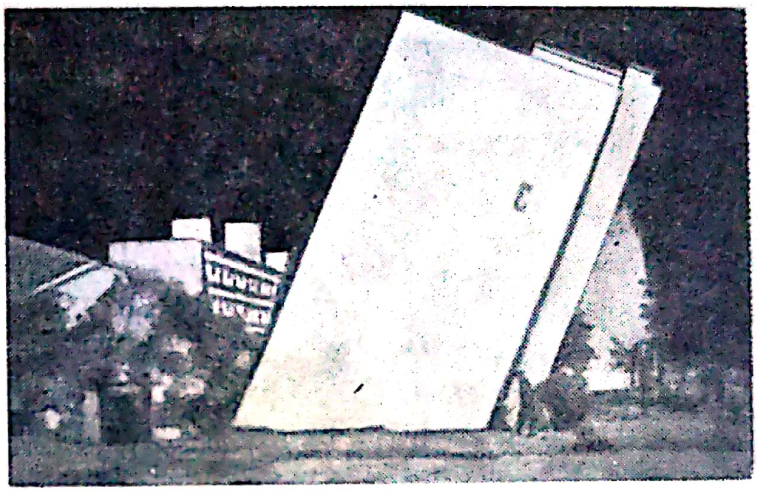


Fig. II. 7. Efectul lichefierii nisipului din fundație, cutremurul de pămînt de la Niiagata-Japonia [8].

Fenomenul se produce ca urmare a modificării stării de echilibru a scheletului solid datorită unei acțiuni dinamice. Această teorie denumită teoria filtrațională a stabilității dinamice a sedimentelor saturate, constă în faptul că sub influența unei acțiuni dinamice particulele de nisip sînt scoase din poziția de echilibru, curentul de apă fie că slăbește rezistența la alunecare a nisipului, fie că duce la lichefierea lui completă. Pierderea stabilității sedimentului se poate produce fără să se ajungă la o lichefiere în masă a nisipului și numai prin reducerea coeficientului de siguranță, ca urmare a micșorării rezistenței la lunecare.

Posibilitatea apariției fenomenului de lichefiere a nisipurilor este determinată de raportul dintre intensitatea acțiunii dinamice, porozitatea nisipului și starea de eforturi în care se găsește nisipul.

Illitul (fig. II. 8) este compus dintr-un strat de foițe cu doi tetraedri de siliciu și la mijloc un octaedru de potasiu : aparține clasei mineralelor cu rețea cristalină tristratificată — fixă — avînd structură similară cu montmorillonitul, cu deosebirea că prezintă o înlocuire pronunțată — pînă la circa 25 % — a siliciului din tetraedre cu aluminiu. Ionii de potasiu dintre strate asigură legarea foițelor, precum și compensarea deficienței încărcărilor cauzată de

Scanned with OKEN Scanner

înlocuiri. Stratele sînt astfel stivuite încît ionul de potasiu este echidistant față de 12 oxigeni. Datorită acestui mod de alcătuire, structura nu se umflă în contact cu apa. Grosimea unei foițe de illit este aproximativ 10 Å [9].

La microscopul electronic illitul apare sub formă de foițe mici, slab conturate cu grosimi de 0,1—0,3 μ și în mod obișnuit grupate în agregate neregulate și fără particularități remarcabile.

Fig. II.8. Illit văzut la microscopul electronic [165].

În apă, particulele de illit au o considerabilă tendință de dezagregare în varietăți slab cristalizate și numai în foarte mică măsură în varietăți bine cristalizate. Dezagregarea se produce între stratele de siliciu. Gama ușurinței clivajului variază aproximativ între cea a montmorillonitului — cînd illitul este degradat și cea a caolinitului — cînd illitul este binișor cristalizat.

Cloritul are structura compusă din alternanța de strate asemănătoare cu mica și strate asemenea nemalitului. Cele asemănătoare cu mica sînt trioctaedrice și au compoziția generală $(OH)_4$ $(Si, Al)_8$ $(M_g\ F_e)_6$ O_{20}, iar cele asemenea nemalitului au compoziția generală $(Mg \cdot Al)_6$ $(OH)_{12}$. Grosimea celor două foițe — împreună este 14 Å, aproximativ de două ori cea a caolinitului, din care cauză este dificilă diferențierea caolinitului de clorit pe baza datelor difracției razelor X [9].

Vermiculitul are cîteva din caracteristicile structurale ale cloritului și cîteva dintr-ale montmorillonitului; stratul are 14 Å grosime și constă din 2 foițe de siliciu avînd la mijloc magneziu [9].

Attapulgitul, palygorskitul și sepiolitul. *Attapulgitul* constă din lanțuri duble de siliciu legate între ele prin oxigeni la muchiile longitudinale — compoziția ideală este $(OH_2)_4$ $(OH)_2$ Mg_5 Si_8 $O_{20} \cdot 4H_2O$. Mineralul clivează ușor. La microscopul electronic structura are forma unui mănunchi aciform (fig. II, 9), [9].

Sepiolitul este analog attapulgitului, avînd acele cu 50% mai late ca attapulgitul.

Scanned with OKEN Scanner

În literatura mai veche argila cu formă alungită, ca cele descrise mai înainte, au fost considerate ca *palygorskit*, deşi acestea sînt de fapt mixturi de minerale argiloase.

În apă dispersează, avînd tendinţa de a se separa în fascicule mai mici (diametrul este 50—100 Å şi 5 μ lungime), prin clivaj de-a lungul muchiilor de legătură [9].

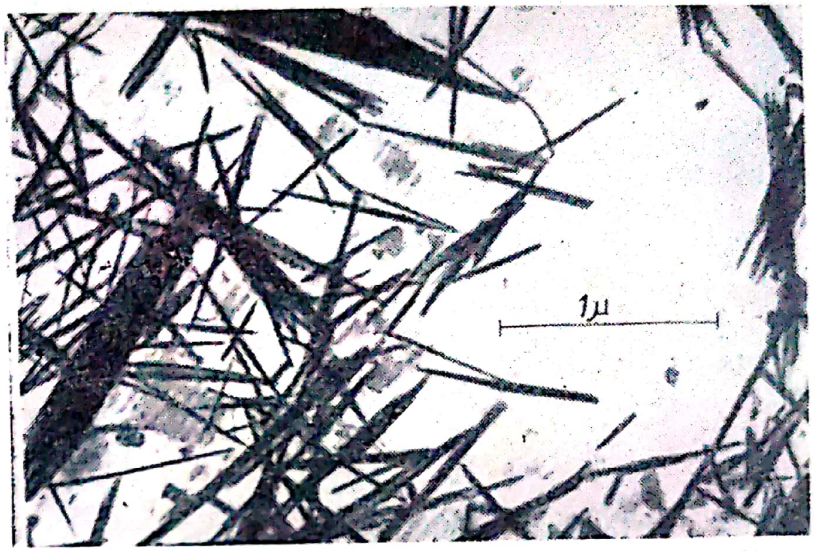


Fig. II. 9. Attapulgit văzut la microscopul electronic [9].

Alofanul este un mineral constituent al argilei care la difracţia razelor X este amorf; probabil aranjamentul foiţelor tetraedrice şi octoedrice nu-i destul de regulat ca să permită difracţia. În unele cazuri alofanul se apropie de haloisit şi în altele de montmorillonit, avînd proprietăţi fizice similare acestora [9].

Figurile II. 10, II. 11 şi II. 12 ilustrează montmorillonitul, muscovitul şi beidellitul privite la microscopul electronic.

În figurile II. 13, II. 14, II. 15, II. 16 şi II. 17 sînt prezentate curbele termodiferenţiale caracteristice diferitelor minerale ce compun argila — după Grimm [9].

În figura X. 7 sînt prezentate curbele termodiferenţiale ale montmorillonitului şi caolinitului din sterilul de la Baia de Arieş, Deva, Gura-Barza (după I.P.G.H.P.), iar în figura XI.5 curbele termodiferenţiale şi termogravimetrice ale sterilului de la Certej (după ICEMIN).

Din studierea mineralelor argilei se observă că 3 grupuri prezintă caracteristici marcante : caolinitele, illitele şi montmorillonitele.

Examinarea la microscopul electronic pune în evidenţă faptul că microagregatele au în jurul lor apă adsorbită, care la montmorinollit pătrunde în structură ; această apă are proprietăţi fizice diferite

Scanned with OKEN Scanner

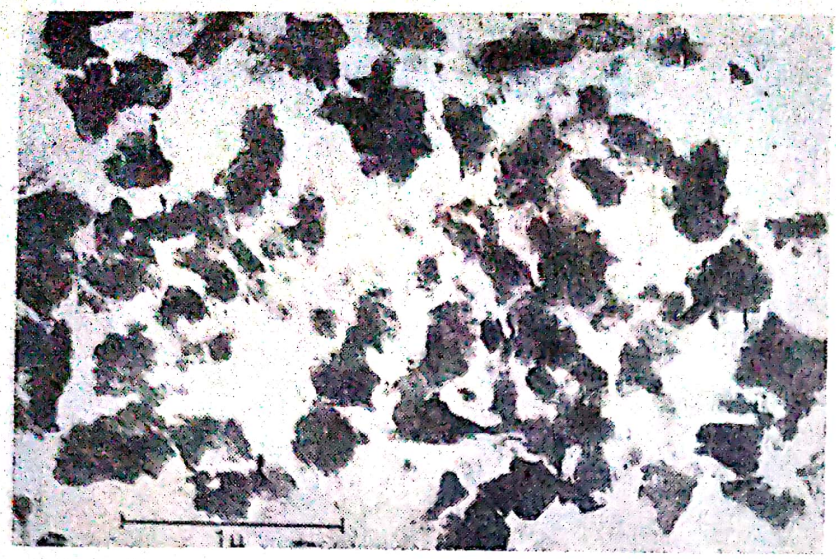


Fig. II. 10. Montmorillonit văzut la microscopul electronic [165].

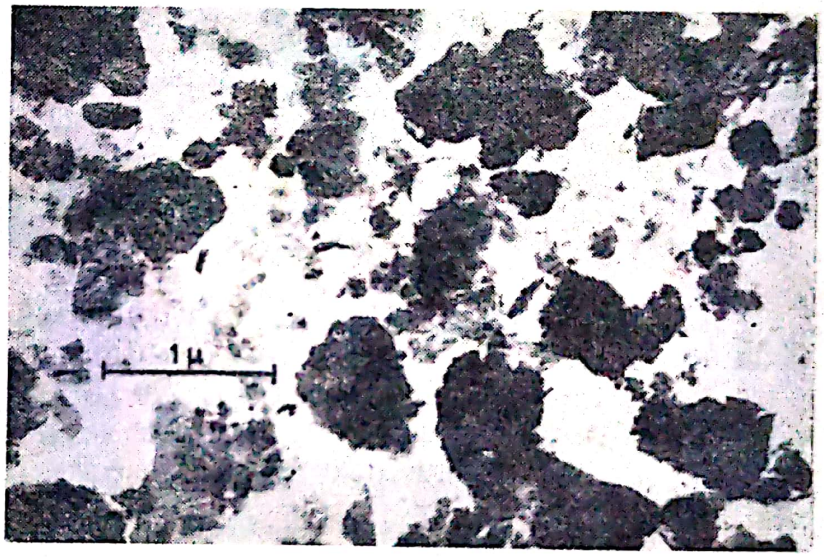


Fig. II. 11. Muscovit văzut la microscopul electronic [165].

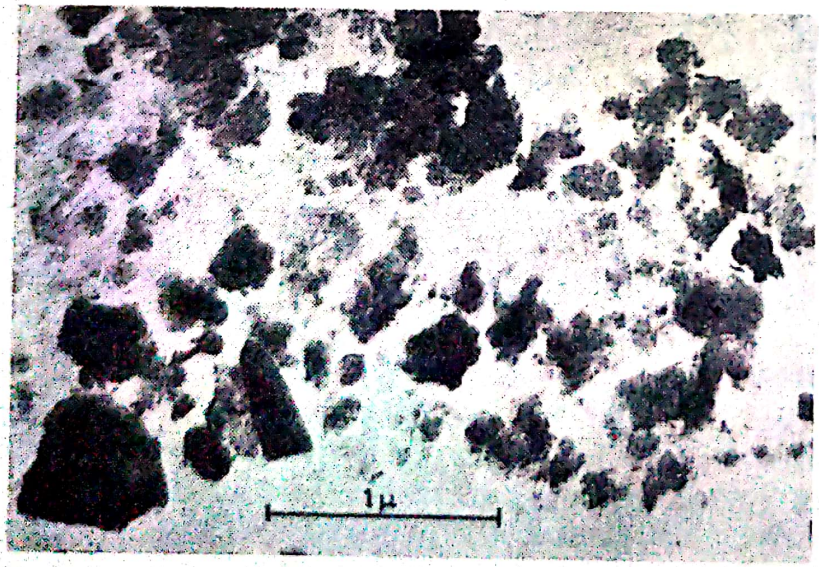


Fig. II. 12. Beidellit văzut la microscopul electronic [165].

Scanned with OKEN Scanner

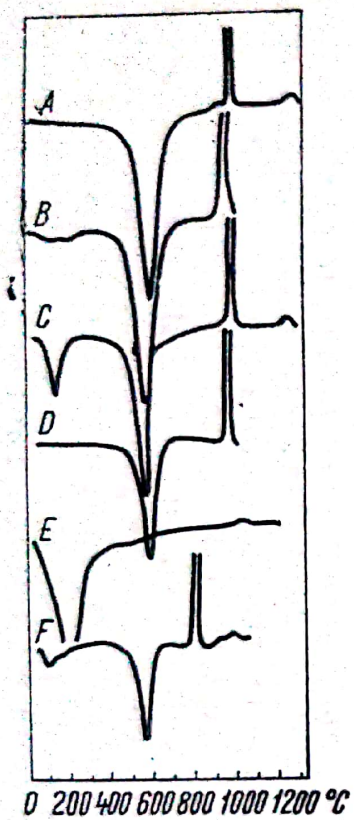


Fig. II. 13. Curbe termodiferenţiale :
A — caolinit bine cristalizat ; *B* — caolinit slab cristalizat ; *C* — haloisit hidratat ; *D* — anauxit ; *E* — alofan [9] ; *F* — montmorillonit.

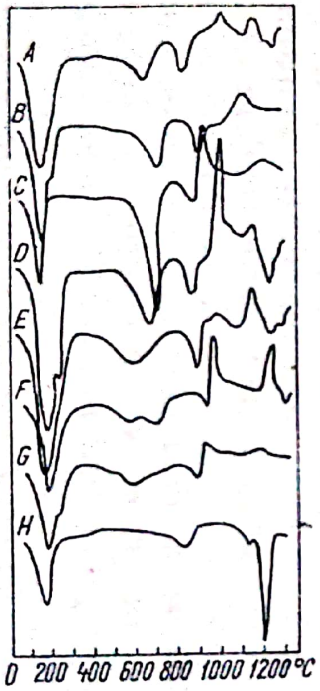


Fig. II. 14. Curbe termodiferenţiale :
A...*F* — montmorillonit ; *G* — nontronit ; *H* — hectorit [9].

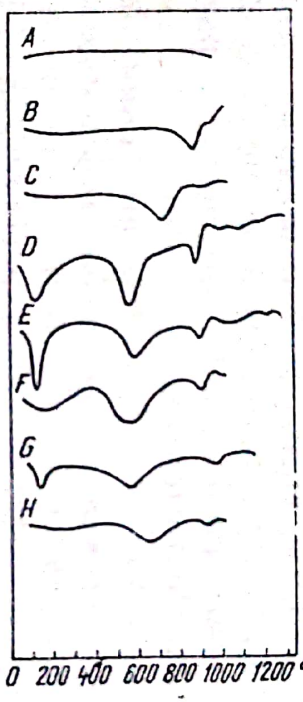


Fig. II. 15. Curbele termodiferenţiale :
A — biotit ; *B*...*C* — muscovit ; *D*...*F* — illit ; *G*...*H* — glauconit [9].

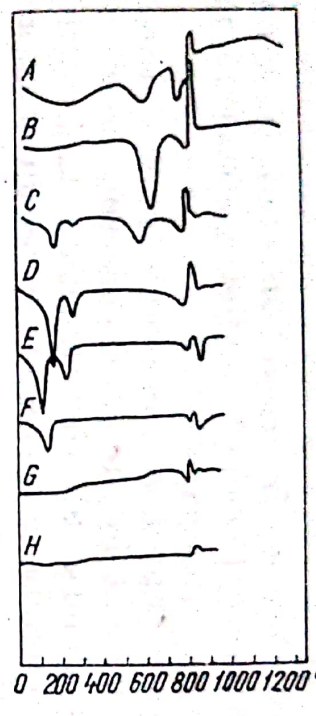


Fig. II. 16. Curbe termodiferenţiale :
A — proclorit ; *B* — clinoclor ; *C* — vermiculit şi clorit ; *D* — vermiculit natural ; *E*...*H* — vermiculit cu Ca^{++}, Na^{+} NH_4^{+} şi K^{+} [9].

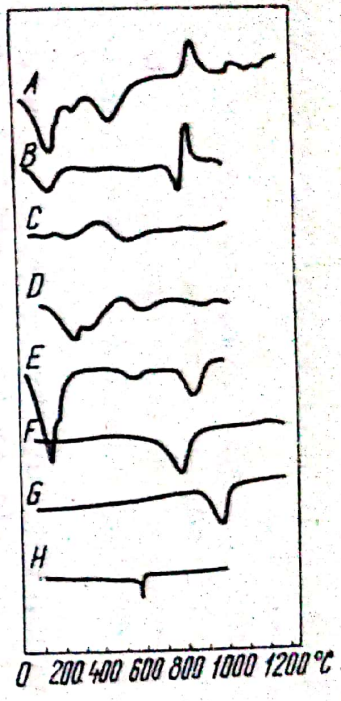


Fig. II. 17. Curbe termodiferenţiale :
A — attapulgit ; *B* — sepiolit ; *C*...*D* — palygorskit ; *E* — vermiculit ; *F* — pyrophyllit ; *G* — talc ; *H* — cuart [9].

de cele ale apei obişnuite, prezentînd o anumită rigiditate cu o structură pseudocristalină [8].

Grosimea stratului de apă adsorbită este socotită între 10 şi 100 Å [8]. Această apă formează o punte de atracţie între două microagregate şi dacă acestea au aceeaşi orientare, are loc o tracţiune a cărei rezultantă are ca efect o forfecare. Această forfecare este denudismită coeziune.

În privinţa orientării microagregatelor, se admit prin aproximaţie două orientări: *faţă-muchie* şi *faţă-faţă* (structură de tip dispers).

Argilele sedimentare au în general structura cu contacte faţă-muchie (denumită structură floculară), avînd o structură mai afînată în cazul argilelor depuse în apă sărată.

Cînd argila este supusă compresiunii după o direcţie anumită, cum este cazul sedimentelor de fund care sînt progresiv apăsate de către sedimentele depuse ulterior structura faţă-muchie tinde spre cea faţă-faţă, producîndu-se o creştere a coeziunii pentru forfecarea paralelă cu direcţia de compresiune — consolidare unidirecţională.

Dacă însă se tulbură argila, fără o orientare preferenţială, se produce o remaniere la întîmplare. Dacă se încearcă să se foarfece, se produce o orientare preferenţială progresivă a particulelor din vecinătatea planului de forfecare.

Sub efectul constant al unei forfecări, chiar destul de slabe, datorită orientării progresive a microagregatelor, se pot amorsa şi dezvolta alunecări progresive: fenomenul de fluaj.

Laminarea. S-a constatat pe cale experimentală că la extruderea argilei plastice printr-un tub, frecarea dintre coloana de argilă şi tub face ca centrul coloanei, în curs de extrudere să avanseze mai repede decît exteriorul şi ca urmare se produc eforturi de forfecare în masa argilei. *Mineralele de argilă în formă de solzi tind să se alinieze în paralel, în raport cu aceste eforturi de forfecare. Orientarea paralelă a agregatelor poate prilejui apariţia unor importante planuri de slabă rezistenţă.*

Această aşa numită laminare este favorizată de conţinutul relativ mare în particule de argilă şi se pare că acestea se produc în mod deosebit în argilele cu illit şi clorit. Prezenţa componenţilor granulari neargiloşi în masa argilei, tind să reducă laminarea [9].

Apa adsorbită care formează puntea de legătură dintre pachetele de foiţe nu exercită o forţă constantă de atracţie, aceasta fiind cu atît mai mare, cu cît pachetele sînt mai apropiate, aceasta explicînd coeziunea foarte ridicată a argilelor supraconsolidate.

Peliculele foarte subţiri de apă care au o mare atracţie internă sînt în contact cu aerul interstiţial prin meniscuri de mare curbură,

Scanned with OKEN Scanner

exercitînd astfel o mare atracţie asupra moleculelor de apă din aer, ducînd la scăderea treptată a coeziunii în atmosfera umedă.

Potrivit complexului de adsorbţie a particulei argiloase, prin orientarea dipolilor de apă şi a cationilor din complexul de adsorbţie se formează punţi de legătură între particule datorită faptului că între elementele componente alăturate există forţe de atracţie de natură electrică. Cînd apare o cauză care tinde să depărteze cele două particule, punţile de legătură se deformează opunînd o rezistenţă. Cu cît umiditatea punţilor de legătură este mai mare, rezistenţa lor este mai mică, deci şi coeziunea este mai redusă. Orice modificare în complexul de adsorbţie atrage după sine modificări ale poziţiei şi rezistenţei punţilor de legătură şi deci şi ale coeziunei. Modificări în complexul de adsorbţie pot fi provocate atît prin înlocuirea ionilor din acest complex de către alţi ioni cu afinitate mai mare, cît şi ca urmare a unor solicitări exterioare care pot fi de natură mecanică, termică sau electrică. *Astfel, un şoc mecanic puternic (trepidaţii, vibraţii) produce distrugerea pentru un moment a punţilor de legătură, reducînd brusc coeziunea. Se cunosc cazuri în care doar o uşoară perturbare face ca un material destul de consolidat să se comporte ca un fluid. După un timp de la încetarea şocului dipolii de apă se orientează din nou, punţile de legătură se refac şi reapare coeziunea. Această proprietate specifică sistemelor coloidale sau celor asemănătoare, de a-şi micşora în mod reversibil proprietăţile elastice, în special viscozitatea sub acţiunea unor acţiuni mecanice (amestecare, agitare, scuturare) este denumită tixotropie.*

Cea mai sensibilă argilă, la care tixotropia se manifestă cu maximum de intensitate este *montmorillonitul*, la care moleculele dipolare de apă pătrund şi între pachetele reţelei cristaline. În general, argilele sensibile au un conţinut ridicat de umiditate. *O pronunţată schimbare în conţinutul umidităţii poate cauza o mare creştere a sensibilităţii, cîteodată cu rezultate dezastruoase* [9].

Unele argile cu sensibilitate de la moderat la ridicat prezintă o sporire a rezistenţei cînd sînt lăsate în repaus — după agitare — datorită tixotropiei.

Sporul de rezistenţă este în funcţie de conţinutul umidităţii şi, după S. Kempton şi Northey, acesta este considerabil pentru montmorillonit, moderat la illit şi practic nul la caolinit. Cu alte cuvinte, *sedimentele compuse în mare parte din montmorillonit sînt foarte tixotropice şi au o sensibilitate între moderată şi ridicată.* Aceasta este o consecinţă a particulelor de montmorillonit extrem de fine şi capacităţii sale mari de adsorbţie a apei, favorizînd dezvoltarea apei orientate pe suprafeţele particulelor de montmorillonit. *Grim* [9] *atribuie sporul de rezistenţă apei orientate.* Efectul timpului şi umidităţii asupra

Scanned with OKEN Scanner

sporului de rezistenţă se explică uşor pe baza concepţiei care atribuie un rol major naturii apei adsorbite. Argilele cu grad mare de sensibilitate au o textură afînată — deschisă — permiţînd un mare conţinut de apă în interstiţii la joncţiunea particulelor cu legătură slabă. *Dacă legătura este ruptă, atunci se va degaja destulă apă pentru ca întreaga masă, să curgă ca un lichid. In unele cazuri, sarcina este suportată de un schelet de granule solide în stare netulburată. Dacă scheletul este rupt, sarcina este transferată la materialul moale din interstiţii cu posibilităţi de preluare reduse sau de loc, avînd drept consecinţă o trecere bruscă de la o rezistenţă relativ mare, la o rezistenţă nulă „ceea ce echivalează cu un efort dinamic"*.

În unele cazuri legătura dintre particule este probabil apa orientată care se fluidizează prin efectul ruperii. Este de aşteptat că astfel de argile sensibile au fost depuse în condiţii de floculare (coagulare) ca să producă o textură afînată deschisă şi că a existat puţină diageneză ca să întărească legătura. De asemenea este de presupus că astfel de argile au suferit o uşoară compactare. Aceste ultime formulări se aplică în mod deosebit la argilele care au conţinuturi apreciabile de minerale argiloase.

Un alt factor care poate fi semnificativ, este acela că, în timp argilele cu un anumit conţinut de umiditate dobîndesc o condiţie de echilibru care le dă o rezistenţă considerabilă, o foarte uşoară reducere în conţinutul de umiditate poate cauza o mare reducere a rezistenţei; *deci luarea probelor netulburate trebuie efectuată cu maximum de precauţie.*

Un exemplu de astfel de fenomen îl oferă unele bentonite; probe cu conţinut de umiditate depăşind 40%, prelevate cu grijă pentru păstrarea umidităţii lor naturale, pot fi scufundate în volume mari de apă, fără vreo schimbare în dimensiuni, sau a caracterului probei. Totuşi, dacă conţinutul de umiditate este schimbat prin uscarea numai a unui mic conţinut, proba este susceptibilă de dezintegrare rapidă, cînd este introdusă într-un volum mare de apă şi argila expandează.

Consideraţii cu privire la tixotropie. Rezistenţa gelului determinată cu aparatul Stormer, în g, poate fi trnsformată în dyn/cm² cu relaţia :

$$1{,}565 \; G = \text{dyn/cm}^2 \quad [44];$$

$$1 \text{ dyn} = \frac{1}{0{,}980665 \times 10^6} \text{ kgf} = 1{,}0197 \cdot 10^{-6} \text{ kgf} \quad [45].$$

Dezavantajul major al aparatului Stormer îl constituie timpul de lucru scurt pentru o determinare şi faptul că nu se poate menţine

Scanned with OKEN Scanner

o viteză constantă de forfecare a noroiului pentru o perioadă de timp destul de îndelungată; acest deziderat este realizat cu reometrul Fann-V.G. (viscozitate-gel) cu care se pot măsura rezistenţe la forfecare de la 1,01 — la 131,520 dyn/cm² — acţionat cu motor electric sau manual — şi gelometrul Baroid.

Aparatul standard API pentru măsurarea rezistenţei la forfecare a fluidelor de foraj — gelometrul constă dintr-un cilindru subţire din duraluminiu cu diametru de 3,5″ (9 cm) lungime şi 1,4″ (3,5 cm) diametru în greutate de 5 g şi o cupă care suportă şi scala care este calibrată astfel ca să indice în lb/100 sq ft (livre/100 × picior pătrat) — citire directă — valoarea rezistenţei la forfecare.

La încercarea făcută la 10 min după efectuarea agitării fluidului cînd cilindrul este scufundat, iar citirea pe scală arată 15 lb/100 sq ft — atunci nisipul şi detritusul rămîn în suspensie — nu mai decantează — 15 lb este o valoare medie la noroaiele bune; multiplicînd cu factorul de conversiune 4,882 obţinem kg/m²:

$$\frac{15}{100} \times 4{,}882 = 0{,}15 \times 4{,}882 = 0{,}735 \text{ kg/m}^2.$$

Restabilirea circulaţiei noroiului supune pompele la presiuni şi solicitări foarte mari pentru învingerea stării tixotropice.

Determinările de laborator făcute cu vicozimetru Stormer au indicat valori pentru gelaţie între 5 şi 20 g după 10′ — la diferite tulbureli.

În cazul tulburelii de la Certej s-a înregistrat valoarea 20 g; astfel $1{,}565 \times 20 = 31{,}30$ dyn/cm²

sau $31{,}30 \times 1{,}02 = 31{,}926$ mgf/cm² sau 0,32 kgf/m².

Această valoare este pentru tulbureala propriu-zisă, aşa cum este deversată în iaz, respectiv cu suspensii grosiere şi fine (minerale argiloase — illit şi caolinit 30—35%). Datorită sortării diferenţiate, fracţiunea grosieră se depune la periferie în timp ce materialul fin se depune în partea centrală a iazului; ţinînd seama de proprietăţile tixotropice ale materialului argilos concentrat în zona centrală, este evident că valoarea gelaţiei la acest sediment este considerabil mai mare decît a tulburelii la intrare în iaz.

Sedimentul din cuveta iazului este consistent, în aparenţă consolidat — mediu coeziv — incorporînd un important potenţial de energie latentă, generată de coeziunea tixotropică.

Coeziunea se datoreşte forţelor de legătură interne dintre foiţele de argilă, exercitate prin intermediul apei adsorbite. Apa care

Scanned with OKEN Scanner

pătrunde între foiţele de argilă — cu moleculele orientate şi ocupînd poziţii fixe în raport cu suprafaţa foiţelor, nu este fluidă ci solidă — rigidă, formînd un film în jurul foiţei de argilă şi a particulei de sediment. Acest film este format din strate de apă, avînd fiecare grosimea unei molecule însumînd circa 8 Å, ceea ce este aproximativ egal cu grosimea a 3 molecule de apă. Orientarea moleculelor de apă şi în consecinţă rigiditatea este cauzată de aranjamentul atomilor în starea naturală a argilei [9].

Condiţiile de echilibru limită pentru mediul coeziv pot fi calculate în ipoteza că mediul ar fi dispers, potrivit teoremei stărilor corespondente [8].

Tixotropia este o transformare izotermă şi reversibilă. Cînd forţele de legătură dintre foiţele de argilă sînt rupte, apa rigidă se fluidizează şi devine un lubrefiant între particule, provocînd curgerea întregii mase de sediment. În unele cazuri sarcina este purtată pe scheletul de sediment netulburat, dar cînd scheletul se dezintegrează, încărcarea este transferată materialului moale din interstiţii consecutiv cu schimbarea bruscă de la o rezistenţă foarte mare, la completa anihilare.

Se presupune că astfel de argile sensitive au fost sedimentate în condiţii de floculare ca să producă o textură afînată deschisă şi că acolo a fost puţină diageneză care să mărească legătura între particule. De asemenea ar fi de presupus că astfel de argile au suportat puţină compactare. Aceste ultime formulări se aplică în mod deosebit argilelor cu conţinuturi apreciabile de minerale argiloase [9].

Formulările de mai înainte au fost evidenţiate în accidentul de la Certej [1], unde şocul seismic şi vibraţiile ce-i succed propagate în masa de sediment argilos — tixotropic — amorsează ruperea legăturilor „apei orientate-rigidizate"; ruptura poate fi declanşată brusc dacă s-a creat o stare de rezonanţă, iar eliberarea apei are un caracter de instantaneitate (similar cu brizanţa în cazul pulberii) avînd ca efect inducerea unui impact care modifică brusc starea eforturilor în corpul sedimentului.

Acesta este un alt aspect, care trebuie corelat cu lichefierea nisipurilor.

Din tehnologia fluidelor de foraj este bine cunoscută particularitatea reologică a fluidelor cu illit sau caolin, de a ceda apa cînd încetează starea tixotropică; astfel prin circulaţia acestor fluide

---

[1] Accidentul de la Certej va fi analizat în cap. XI.

Scanned with OKEN Scanner

tixotropice în gaura de sondă, se creează o tencuială a pereţilor — colmatarea din materialul argilos, cu cedarea concomitentă a apei, care se infiltrează în porii formaţiei străpunse de foraj.

2. Granulometria

Distribuţia procentuală, pe dimensiuni a particulelor solide care intră în componenţa sterilului din tulbureală se determină prin analiza granulometrică complexă. Aceasta se face prin cernere, pentru suspensiile minerale care au dimensiunea minimă pînă la 0,075 mm, iar pentru dimensiuni mai mici se face prin sedimentare cu areometrul Casagrande.

Clasele şi dimensiunile sitelor sînt redate în tableul II.1.

Tabelul II.1. **Caracteristicile principale ale sitelor** [1])

Ochiuri/cm liniar	Ochiuri/cm²	Ochiuri/țol liniar	Mărimea ochiurilor mm	Grosimea sîrmei, *d* mm
4	16	10	1,500	1,000
5	25	12	1,200	0,800
6	36	18	1,020	0,650
8	64	20	0,750	0,500
10	100	25	0,600	0,400
11	121	27	0,540	0,370
12	144	30	0,490	0,340
14	196	35	0,430	0,280
16	256	40	0,385	0,240
20	400	50	0,300	0,200
24	576	60	0,250	0,170
30	900	75	0,200	0,130
40	1 600	100	0,150	0,100
50	2 500	125	0,120	0,800
60	3 600	150	0,102	0,065
70	4 900	175	0,088	0,055
80	6 400	200	0,075	0,050
100	10 000	250	0,060	0,040

[1]) Suprafaţa liberă de ciuruire pe unitatea de suprafaţă de sită : $100/l^2 : (1 + d)^2 \approx 36\,\%$.

Pentru exemplificare se dau în tabelul II.2 analizele de sită ale unor probe de steril pentru care se indică şi analizele chimice elementare în tabelul II.3.

Scanned with OKEN Scanner

Sub 75 μ separarea particulelor prin trecere prin site este dificilă chiar dacă se folosesc şocuri sau vibraţii, deoarece particulele se aglomerează. Astfel, trebuie să se facă separarea într-un mediu dispers, prin metoda densimetrică bazată pe aplicarea legii lui

Tabelul II.2. **Analiza de sită**

Clasa sitei ochiuri/tol	Mărimea granulelor mm	Material, %	
		Din minereul complex	Din minereul de Cu
30— 60	0,500—0,250	—	3,10
60—100	0,250—0,150	4,94	20,40
100—150	0,150—0,100	8,86	11,80
150—200	0,100—0,075	6,28	16,60
200	0,075	79,92	48,10
	Total	100,00	100,00

Tabelul II.3. **Analiza chimică elementară a sterilului din minereul complex şi de cupru**

Steril din minereul complex				Steril din minereul de Cu			
Mineralul	Conţinutul %	Mineralul	Conţinutul %	Mineralul	Conţinutul %	Mineralul	Conţinutul %
SiO_2	84,790	Ca	0,440	SiO_2	64,0000	Pb	0,0080
S	2,040	Mg	0,120	S	3,4000	Zn	0,1368
Fe	2,940	Mn	0,340	As	0,1845	Cd	0,3073
Pb	0,230	—	—	Fe	11,0030	Mg	0,4490
Cu	0,083	—	—	Ag	8,0000	Mn	0,0140
Zn	0,650	—	—	Ca	0,4645	Al_2O_3	12,5608
Al_2O_3	5,800	—	—	Cu	0,1332	Sb	0,1368

Stokes, care exprimă viteza de decantare a particulelor fine (aflate în suspensie) sub acţiunea gravitaţiei:

$$v = \frac{2}{9} \cdot 981 \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\eta} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{g \cdot d^2}{18\eta} (\gamma_s - \gamma_a),$$

în care: v este viteza de sedimentare a particulelor, în cm/s;
γ_s — greutatea specifică a sedimentului în g/cm³;

Scanned with OKEN Scanner

γ_a este greutatea specică a apei, în g/cm^3 ;
η — coeficientul de viscozitate, în poise ($g \cdot cm^{-1} \cdot s^{-1}$), avînd dimensiunea unei forţe multiplicate cu $L^{-2} T$;
d — diametrul particulelor, în cm ;
g — acceleraţia gravitaţiei, $g = 9{,}81$, în cm/s^2.

Aparatura şi metodele de lucru sînt descrise în manualele de specialitate [7].

În sistemul CGS viscozitatea apei este 1 P (poise) ; pentru o aplicaţie considerăm o particulă de 1/10 mm şi se obţine :

$$d = 10^{-2}_{[cm]} \; ; \quad \gamma_s - \gamma_a = (2{,}7 - 1)\ 981 \text{ dyn},$$

de unde :

$$v = 0{,}92 \cdot 10^{-2} \text{ cm/s}.$$

Se efectuează o sedimentometrie, în care, pe baza decantării sterilului dispersat în apă, se măsoară cu un areometru (hidrometru) analog celui pentru stabilirea procentului de alcool, variaţia densităţii soluţiei în funcţie de timp la diferite niveluri ; areometrul este lestat la bază, iar greutatea sa este echilibrată de către greutatea volumului de suspensie dislocuit.

În sedimentometrie, dificultatea constă în a dispersa particulele fine de argilă. Dispersarea se realizează prin agitare mecanică după un timp de 1—20 h. În schimb, agitaţia ultrasonică dă rezultate mult mai rapide şi complete [8].

De fapt nu se obţine o dispersare perfectă, eliberarea particulelor fiind relativă ; de aceea, ultima porţiune a curbelor granulometrice este dependentă de modul de lucru.

Se recomandă metode energetice de dispersare cînd se recoltează probe pentru a fi analizate cu raze X.

În mod curent se foloseşte un agitator centrifugal pentru granulometriile obişnuite de laborator sau prin injectare de aer şi cu adaos de reactiv defloculant — ca pirofosfatul de sodiu sau silicatul de sodiu.

La erorile aferente metodelor de lucru se însumează şi erorile datorite faptului că nu sînt întrunite toate **ipotezele care stau la baza legii lui Stokes, din care se menţionează :**

1) *Să nu existe nici o interferenţă, nici între particulele înseşi, şi nici între particule şi pereţii vasului în care se face decantarea*
2) *Particulele au formă sferică*
3) *Greutatea specifică a particulelor este cunoscută*

Prima ipoteză este oarecum satisfăcută folosind raportul S/L — 50 g suspensii solide la 1 000 cm³ apă.

Forma particulelor mai mari ca 5μ poate fi asimilată cu o sferă, fără o eroare prea mare, dar nu şi la particulele mai mici, care au formă aplatisată — forma unor discuri; acestea nu rămîn orizontale în timpul coborîrii, adică în secţiune orizontală prezintă o rază hidraulică mai mică decît cea a sferei de acelaşi volum şi în consecinţă viteza lor de coborîre este mai mică, iar rezultatele obţinute conduc la un procentaj foarte mare de particule fine, din care cauză s-a convenit ca, din punct de vedere dimensional, particulele nesferice să fie caracterizate prin diametrul sferei de acelaşi volum.

Pe de altă parte, filmul de apă rămîne aderent la particulă şi în soluţia dispersă, cauzînd o diminuare a greutăţii specifice medii — sub 2,7 g/cm³ ceea ce conduce la erori în acelaşi sens ca mai înainte. În schimb, îngroşarea particulelor măreşte viteza de decantare, adică ridică mult procentajul de particule mari.

Ansamblul acestor erori conduce în general la un procentaj mai mare de elemente fine, eroare care este în sensul convenabil, deoarece elementele fine sînt dăunătoare.

Cu toate deficienţele lor, analizele granulometrice şi sedimentometrice sînt necesare pentru nisipuri şi prafuri şi chiar pentru argile (împreună cu limitele Atteberg) deoarece pe de o parte proprietăţile fizice ca permeabilitatea şi capilaritatea sînt strîns legate de dimensiunile particulelor, în special în cazul nisipurilor şi prafurilor, iar pe de altă parte, datorită faptului că aceste proprietăţi, la argile, depind de procentajul de minerale cu dimensiuni mai mici ca 2 μ.

Rezultatele analizei granulometrice a sedimentelor se reprezintă de regulă grafic, obţinînd curba granulometrică avînd în abscisă (la scară logaritmică) diametrul granulei d, iar în ordonată conţinutul de material mai fin decît granulele cu diametrul d, exprimat în % faţă de greutatea sterilului uscat.

Dacă se reprezintă grafic conţinutul procentual de fracţiuni cu diferite mărimi de granule, punînd în abscisă diametrul d al granulelor, în mm şi în ordonată conţinutul de granule cu diametrul d, exprimat în % faţă de greutatea totală a părţii solide (greutatea sterilului uscat), se obţine istograma sau curba de frecvenţă a sterilului (v. fig. VI. 10).

Gradaţiile în abscisă sînt la scară logaritmică, pentru ca diagrama să poată fi citită tot atît de uşor în zona diametrelor mici, ca şi în zona diametrelor mari.

Scanned with OKEN Scanner

3. Indicii fizico-mecanici

Avînd în vedere că parametrii şi proprietăţile fizico-mecanice ale particulelor solide, în general, aparţin unor discipline distincte ca geotehnica şi mecanica solurilor, s-a renunţat la prezentarea acestora în cadrul prezentei lucrări.

B. APE REZULTATE DIN PROCESUL DE PREPARARE

1. Caracteristicile tulburelii

În continuare se indică proprietăţile fizice care se determină pentru tulbureală şi aparatele respective.

Pentru analiza tulburelii în laborator este necesară o probă de 5 l. Pentru cazuri speciale probele vor fi aduse în cantităţile indicate de laborator.

Bidonul trebuie să fie bine agitat înaintea scoaterii tulburelii. Dacă tulbureala conţine corpuri străine se va strecura printr-o sită. Înaintea fiecărei determinări a caracteristicilor tulburelii aceasta se va agita minimum 30 s.

a. **Densitatea** este raportul între greutatea unui volum de tulbureală şi greutatea aceluiaşi volum de apă la temperatura de + 4°C şi la presiunea de 760 mm Hg şi se poate stabili cu oricare aparat pentru determinarea densităţii fluidelor. În general sînt întrebuinţate două tipuri de aparate: densimetrul şi cîntarul de fluide de foraj.

Densimetrul (fig. II 18) se compune dintr-un corp cilindric *1*, prelungit cu o tijă *2*, pe care se înscriu gradaţiile pentru măsurarea densităţii de la 0,90 la 2,50. Ambele părţi sînt goale în interior şi sînt făcute din alamă. În partea de jos, corpul *1* are un cîrlig *3* de care se atîrnă recipientul de aluminiu *4* în care se pune tulbureala de măsurat. Închiderea recipientului se face prin înghiventarea capacului *5*. Densimetrul se introduce într-un vas cilindric făcut dintr-un burlan cu diametrul de 5″, plin cu apă.

Principiul de funcţionare al densimetrului este principiul lui Arhimede şi în acest caz, afundarea este în funcţie de densitatea tulburelii.

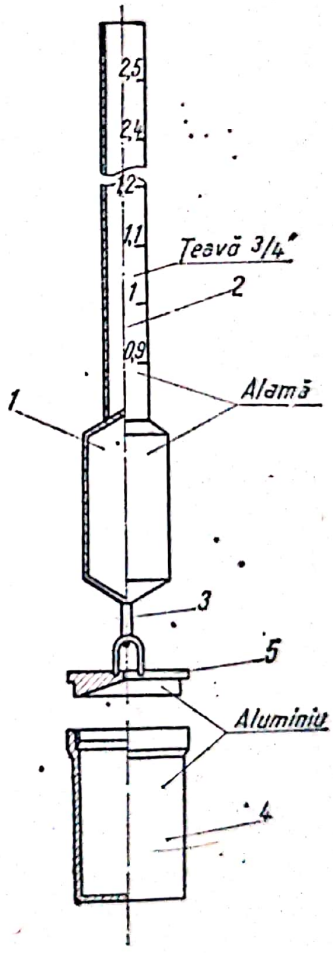


Fig. II. 18. Densimetru. O variaţie de 1 mm în poziţia densimetrului indică o variaţie de 0,003 a densităţii fluidului măsurat (după laboratorul I.C.F.E. — Cîmpina).

Etalonarea aparatului se face cu apă distilată la temperatura de +4°C, atît în cilindru, cît şi în recipientul *4*. Nivelul la care se afundă tija se notează cu diviziunea 1.

Se pune apoi în recipient un lichid cu densitatea 2 şi diviziunea respectivă se notează cu 2. Spaţiul între cele două diviziuni se împarte în 10 părţi egale extinzîndu-se în sus şi în jos. Densimetrul trebuie verificat din timp în timp în acelaşi mod în care s-a făcut etalonarea.

Modul de lucru. Se pune tulbureala de măsurat în recipient astfel ca să fie complet plin şi se închide cu capacul, surplusul de tulbureală fiind astfel eliminat din recipient prin această operaţie. Se spală apoi densimetrul la exterior cu apă, după care se afundă în cilindru. Gradaţia la care se va găsi meniscul superior, reprezintă densitatea tulburelii.

Cîntarul de fluide de foraj (fig. II. 19 *a*, *b*) se compune dintr-o pîrghie *A* gradată de la 1,00 la 2,50. Pe ea se găseşte un cursor *B*, cuţitul de balanţă *C*, contragreutatea de reglaj *D*, acul indicator *E* şi cîrligul *F*. Această pîrghie se reazemă prin cuţitul *C* pe lagărul de susţinere *G*, care face parte din braţul de agăţare *H* prevăzut cu braţul de reper *L* şi un cu cîrlig de agăţare *J*. De cîrligul *F* se atîrnă recipientul cilindrului *M* prevăzut cu o fereastră *N*. Volumul recipientului pînă la partea inferioară a ferestrei este de 5 l.

Recipientul şi braţul gradat oscilează într-un plan perpendicular pe muchia cuţitului orizontal.

Reglajul balanţei se face periodic cu ajutorul contragreutăţii *D*. Se deplasează greutatea de reglaj *D* pînă se obţine echilibrul şi se fixează cu şurubul ei de fixare. Acul indicator *E* trebuie să fie în dreptul acului reper *L*.

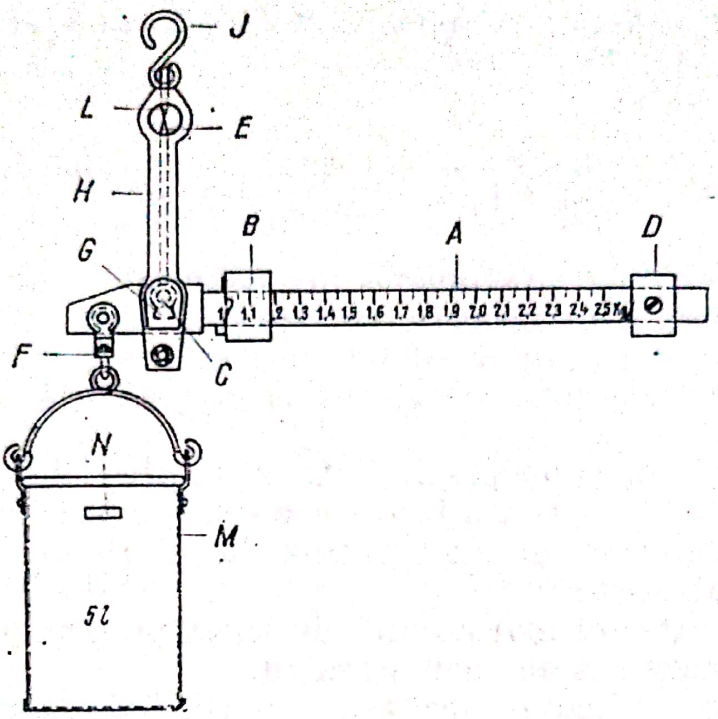
Modul de lucru. După ce recipientul *M* a fost umplut cu tulbureală, se spală sau se şterge tulbureala provenită din surplusul care s-a scurs prin fereastră pe exteriorul recipientului. Recipientul se atîrnă cu brăţara de cîrligul *F*.

Cu ajutorul cîrligului de agăţat *J* se suspendă la un punct fix. Prin deplasarea cursorului, sistemul este adus în echilibru astfel ca vîrful acului indicator *E* şi al recipientului *L* să corespundă. Diviziunea arătată pe braţ de cursor arată densitatea tulburelii.

b. **Viscozitatea.** Este proprietatea unui fluid de a opune rezistenţă la mişcarea relativă a două particule adiacente. În mod obişnuit se consideră **două feluri de viscozităţi** : *absolută şi cinematică*.

Viscozitatea absolută este forţa care va mişca o unitate de arie dintr-o suprafaţă, cu o unitate de viteză, în raport cu o altă suprafaţă

Scanned with OKEN Scanner



a

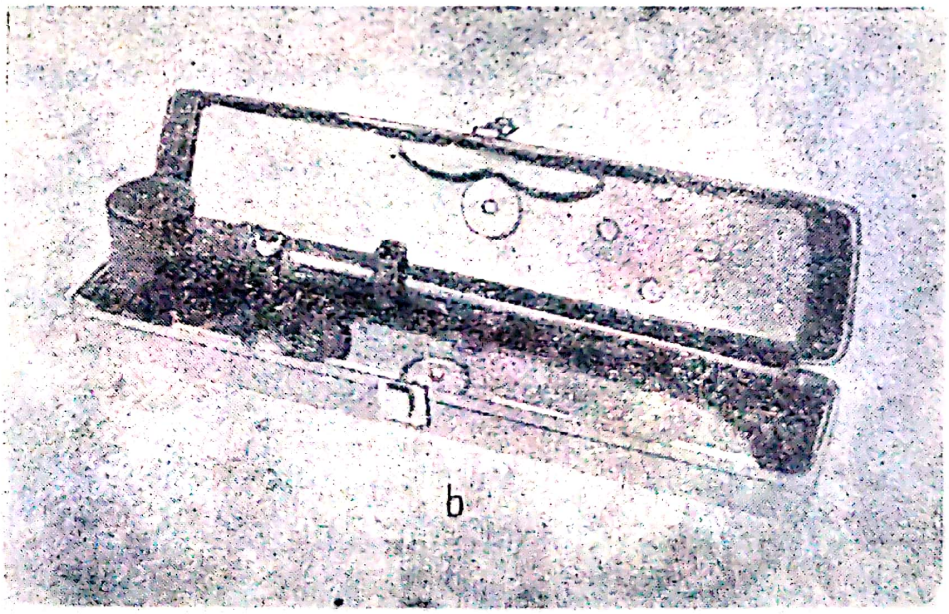


Fig. II. 19. Cîntar pentru fluide de foraj :
a — balanța Sibiu ; *b* — balanța Baroid.

Scanned with OKEN Scanner

plană paralelă, cele două suprafeţe fiind separate printr-o unitate de grosime de lichid. Viscozitatea absolută se măsoară în poise (P) sau în centipoise (cP):

$$cP = \frac{1}{100} P; \quad P = \frac{1 \text{ dyn} \cdot s}{cm^2} = \frac{1 \text{ g masă}}{cm \cdot s}.$$

Pentru lichidele newtoniene (de exemplu apa, saramura, produsele petrolifere etc.) viscozitatea este constantă. În cazul lichidelor newtoniene rezistenţa opusă deformării este proporţională cu viteza de deformare; rezistenţa aceasta se datoreşte frecării interioare (viscozităţii).

Coeficientul de proporţionalitate a relaţiei de mai înainte se numeşte coeficientul frecării interioare sau coeficientul de viscozitate. Acesta este denumit în mod impropriu şi viscozitate, deşi aceste noţiuni sînt distincte.

Un fluid care nu mai ascultă de legea proporţionalităţii de mai înainte se numeşte lichid nenewtonian.

Pentru aceste lichide, rezistenţa opusă deformării este o funcţie generală de viteza de deformare; în această categorie intră şi tulbureala de la instalaţiile de preparare a minereurilor.

Tulbureala, ca şi fluidele de foraj, nu ascultă de legea Poiseuille şi în consecinţă viscozitatea tulburelii nu este o constantă absolută a fluidului, ci numai o mărime de comparaţie. Ea are un caracter calitativ şi nu cantitativ, şi de aceea variază cu forma şi cu dimensiunea aparatului întrebuinţat la determinarea ei; de aici rezultă necesitatea standardizării aparaturii.

Viscozitatea cinematică este raportul dintre viscozitatea absolută şi greutatea specifică a fluidului:

$$v = \frac{\eta}{\gamma}.$$

Formula de omogenitate a viscozităţii cinematice este:

$$v = \frac{ML^{-1}T^{-1}}{ML^{-3}} = L^2 T^{-1}.$$

Unitatea de măsură a viscozităţii cinematice este stokes-ul $\left(St = 1 \frac{cm^2}{s}\right)$ şi are ca submultiplu centistokes-ul:

$$\left(cSt = \frac{1}{100} St = \frac{1}{100} \frac{cm^2}{s}\right).$$

Scanned with OKEN Scanner

În aplicaţiile practice viscozitatea unui lichid se măsoară prin oricare din numeroasele tipuri de viscozimetre cu care se măsoară timpul de scurgere a unei anumite cantităţi de lichid. Parametrul timp dă o indicaţie asupra viscozităţii lichidului.

Formulele următoare (după J.R.Suman) servesc la conversiune în viscozitate absolută, a măsurătorilor făcute cu diferite tipuri de viscozimetre.

$$\begin{cases} \frac{\eta}{\gamma} = 0{,}00260\ t - \frac{1{,}715}{t} & \text{Redwood Standard} \\ \frac{\eta}{\gamma} = 0{,}027\ t - \frac{20}{t} & \text{Redwood Admirality} \\ \frac{\eta}{\gamma} = 0{,}00147\ t - \frac{3{,}74}{t} & \text{Engler} \\ \frac{\eta}{\gamma} = 0{,}00220\ t - \frac{1{,}80}{t} & \text{Saybolt Universal} \\ \frac{\eta}{\gamma} = 0{,}022\ t - \frac{2{,}03}{t} & \text{Saybolt Furol (după ASTM-D446 — Sabin Crocker)} \end{cases}$$

Inversul viscozităţii absolute este denumit fluiditate:

$$\Phi = \frac{1}{\eta}.$$

Unitate de fluiditate se numeşte rheu:

$$1 \text{ rheu} = \frac{1}{\text{poise}} = \frac{1 \text{ cm}^2}{\text{dyn} \cdot \text{s}} = \frac{1 \text{ cm} \cdot \text{s}}{\text{g masă}},$$

formula de omogenitate fiind:

$$\Phi = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{ML^{-1}T^{-1}} = M^{-1}LT.$$

În tabelele II.4 şi II.5 se dau valorile aproximative de conversiune pentru diferite unităţi de viscozitate şi pentru viscozitatea cinematică.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul II.4. **Conversiunea aproximativă a valorilor viscozității**

Saybolt Universal t,s	Saybolt Furol t,s	Redwood t,s	Grade Engler la t, 51,3 s	Viscozitatea cinematică cP	Saybolt Universal t,s	Saybolt Furol t,s	Redwood t,s	Grade Engler la t, 51,3s	Viscozitatea cinematică cP
32	—	—	1,08	1,40	200	—	170	5,92	43,1
34	—	—	1,14	2,18	225	—	191	6,64	48,7
36	—	32	1,19	2,92	250	28	212	7,35	54,3
38	—	34	1,25	3,62	275	30	233	7,91	59,9
40	—	35	1,31	4,30	300	33	254	8,70	65,4
45	—	39	1,45	5,90	325	35	275	9,50	70,9
50	—	44	1,58	7,40	350	38	296	10,20	76,5
55	—	48	1,73	8,82	375	40	317	10,90	82,0
60	—	52	1,88	10,20	400	43	339	11,70	87,5
65	—	56	2,03	11,50	450	47	381	13,10	98,6
70	—	60	2,17	12,80	500	52	423	14,60	110,0
80	—	69	2,46	15,30	550	57	466	16,00	121,0
90	—	77	2,73	17,80	600	62	508	17,50	132,0
100	—	85	3,02	20,20	700	72	592	20,40	154,0
120	—	102	3,60	24,90	800	82	677	23,40	176,0
140	—	119	4,18	28,50	900	92	762	26,30	198,0
160	—	136	4,76	34,10	1 000	102	846	29,20	220,0
180	—	152	5,34	38,60	—	—	—	—	—

Tabelul II.5. **Conversiunea aproximativă a viscozității**

Viscozitatea cinematică P	Redwood t,s	Grade [1]) Engler t, 51,3 s	Grade Engler t,s	Saybolt Universal t,s	Saybolt Furol t,s	Ford Cup nr. 4 t,s	Barbey (fluiditate)
0,01	—	—	—	—	Apă curată la 20°C (68°F)		
0,015	—	1,08	55,5	32	—	—	—
0,02	—	1,14	58,5	34	—	—	—
0,03	32,0	1,19	61,2	36	—	—	—
0,04	34,5	1,28	65,7	39	—	—	—
0,06	39,0	1,46	75,0	45	—	—	1 010,0
0,08	46,0	1,64	84,3	52	—	—	780,0
0,10	51,0	1,86	95,5	59	—	—	610,0
0,15	68,0	2,43	125,0	79	—	—	410,0
0,20	85,0	3,00	154,0	99	—	10	310,0
0,25	102,0	3,66	188,0	121	—	11	250,0
0,30	125,0	4,48	230,0	145	—	12	207,0

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul II. 5 (continuare)

Viscozitatna cinematică P	Redwood t,s	Grade [1]) Engler t, 51,3s	Grade Engler t,s	Saybolt Universal t,s	Saybolt Furol t,s	Ford Dup or. 4 t,s	Barbey (fluiditate)
0,40	158,0	5,70	292,0	186	—	20	154,0
0,60	233,0	7,92	406,0	276	30	25	101,0
0,80	310,0	10,70	550,0	365	39	30	78,0
1,00	385,0	13,40	688,0	455	48	35	61,0
1,50	578,0	19,90	1 020,0	683	70	50	41,0
2,00	770,0	26,50	1 360,0	910	93	57	31,0
2,50	990,0	33,10	1 700,0	1 138	116	65	25,0
3,00	1 200,0	39,40	2 020,0	1 365	138	70	20,7
4,00	1 550,0	53,00	2 720,0	1 820	183	100	15,4
6,00	2 330,0	79,50	4 080,0	2 730	274	—	10,1
8,00	3 100,0	106,00	5 450,0	3 640	365	—	—
10,00	3 850,0	132,00	6 800,0	4 550	455	—	—
15,00	5 780,0	199,00	10 200,0	6 825	683	—	—
20,00	7 700,0	265,00	—	9 100	910	—	—
25,00	9 900,0	331,00	—	11 375	1 138	—	—
30,00	12 000,0	394,00	—	13 650	1 365	—	—
40,00	—	530,00	—	18,200	1 820	—	—
60,00	—	795,00	—	27,300	2 730	—	—
80,00	—	1 060,00	—	39,400	3 640	—	—
100,00	—	—	—	45 500	4 550	—	—

[1]) Gradele Engler se obţin prin împărţirea timpului, în s, de scurgere a 200 cm^3 de ulei, prin timpul, în s, de scurgere a 200 cm^3 de apă la temperatura 20°C (68°F). Acest raport este *„factorul apă"* şi trebuie să fie cuprins între 51 şi 52 s (după Uzinele Sigma Olomouc — R.S.C.).

O metodă expeditivă de conversiune pentru diferite unităţi de viscozităţi în viscozitate cinematică o oferă graficul din fig. II. 20.

Avînd în vedere analogia dintre fluidele de foraj şi tulbureala de la prepararea minereurilor, se vor folosi pentru studierea acestora din urmă aceleaşi aparate şi aceleaşi metode de lucru ca pentru fluidele de foraj.

Deoarece aceste aparate şi metode de lucru sînt folosite aproape exclusiv în sectorul petrolifer [11, 12, 13 şi 14], în cele ce urmează se face o expunere completă a aparaturii şi a modului de lucru, spre a le introduce şi în sectorul minier sau în alte sectoare unde este cazul.

Cele mai uzitate aparate pentru măsurarea viscozităţii fluidelor de foraj sînt : pîlnia Marsh şi viscozimetrul Stormer.

Scanned with OKEN Scanner

Pîlnia Marsh (fig. II.21) are formă conică alungită şi este confecţionată din metal inoxidabil, are diametrul de 6'' la partea superioară şi înălţimea de 12''. În partea de sus este prevăzută cu o sită

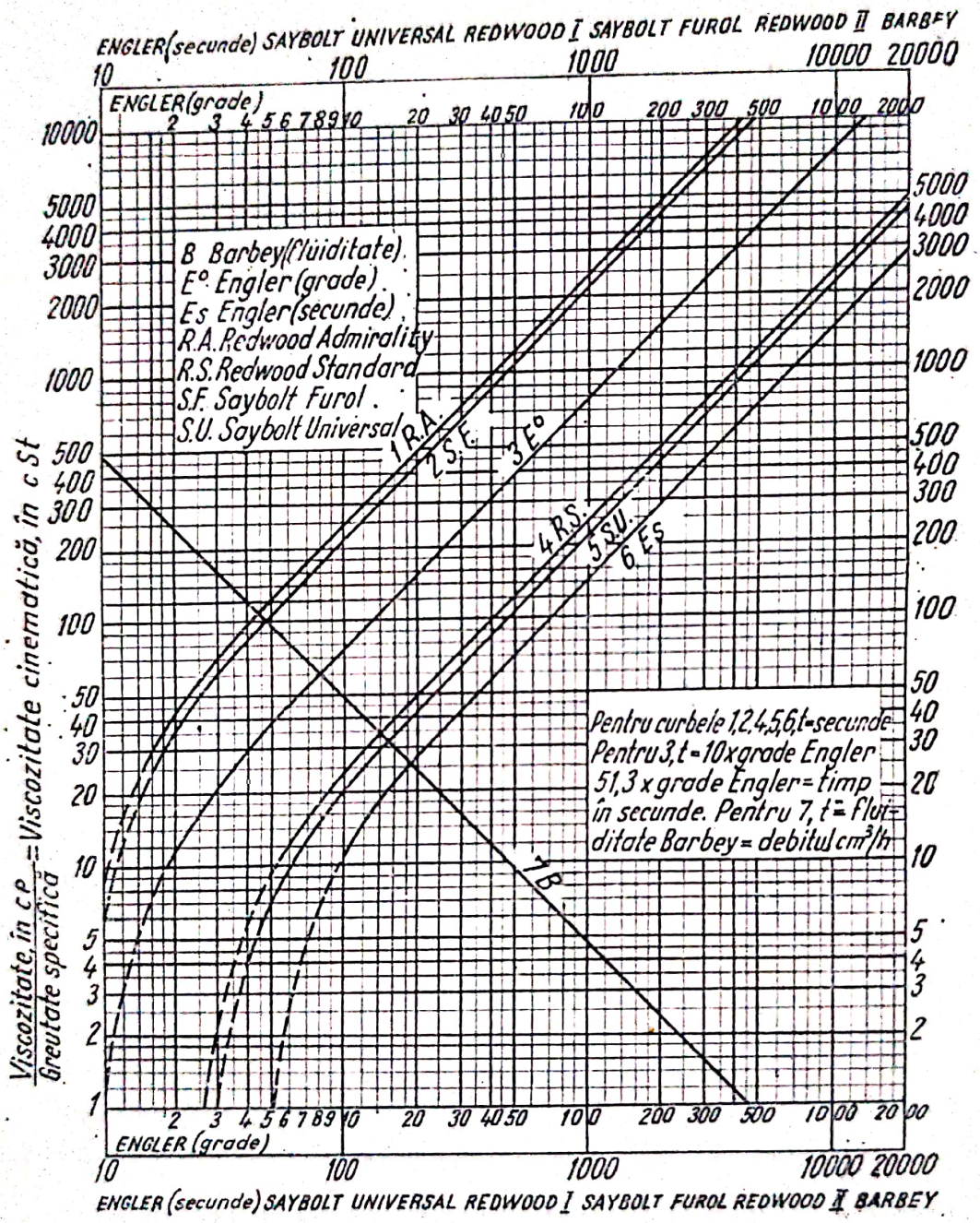


Fig. II. 20. Grafic de conversiune pentru calculul viscozităţilor cinematice (după Internaţional Critical Tables — Sabin Croker), [152].

cu ochiuri de 1/8'' pentru îndepărtarea corpurilor de dimensiuni mari din tulbureala care urmează a fi examinată. În partea de jos tubul de descărcare are un orificiu bine calibrat cu diametrul 3/16''.

Scanned with OKEN Scanner

Interiorul pîlniei trebuie să fie neted pentru a asigura curgerea normală a fluidului.

Mînerul este astfel adaptat încît permite fixarea pîlniei în poziţie verticală în timpul măsurătorilor.

Modul de lucru. Se ia o probă de tulbureală de la uzina de preparare şi se toarnă prin sită. În timpul umplerii, orificiul pîlniei se închide cu un deget spre a împiedica scurgerea fluidului. Cantitatea de fluid necesară determinării viscozităţii este de 1 500 cm³ şi umple pîlnia pînă la sită. Apoi se dă drumul fluidului într-un vas calibrat măsurînd timpul, în s, din momentul începerii curgerii pînă în momentul umplerii vasului calibrat de 1 000 cm³. *Timpul, în s, reprezintă viscozitatea Marsh.* Intervalul de timp între umplerea pîlniei şi începerea măsurătorii trebuie să fie cît mai scurt.

Aparatul se etalonează şi se verifică periodic cu apă distilată la temperatura de + 21°C. Timpul măsurat în acelaşi mod trebuie să fie de 28 ± 0,5 s.

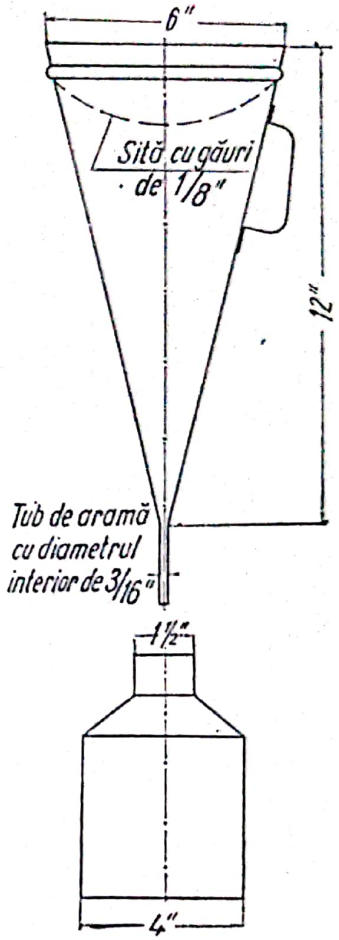
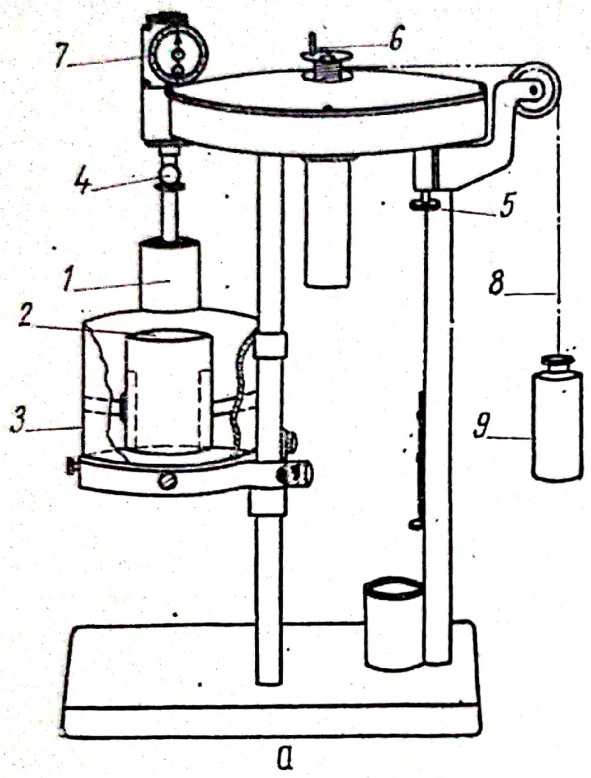


Fig. II. 21. Pîlnia tip „Marsh". Etalonarea se face cu apă distilată la temperatura de 21°C. Timpul de scurgere a 1 000 cm³ din 1 500 cm³ în 28 ± 0,5 s (după laboratorul I.C.F.E. — Cîmpina).

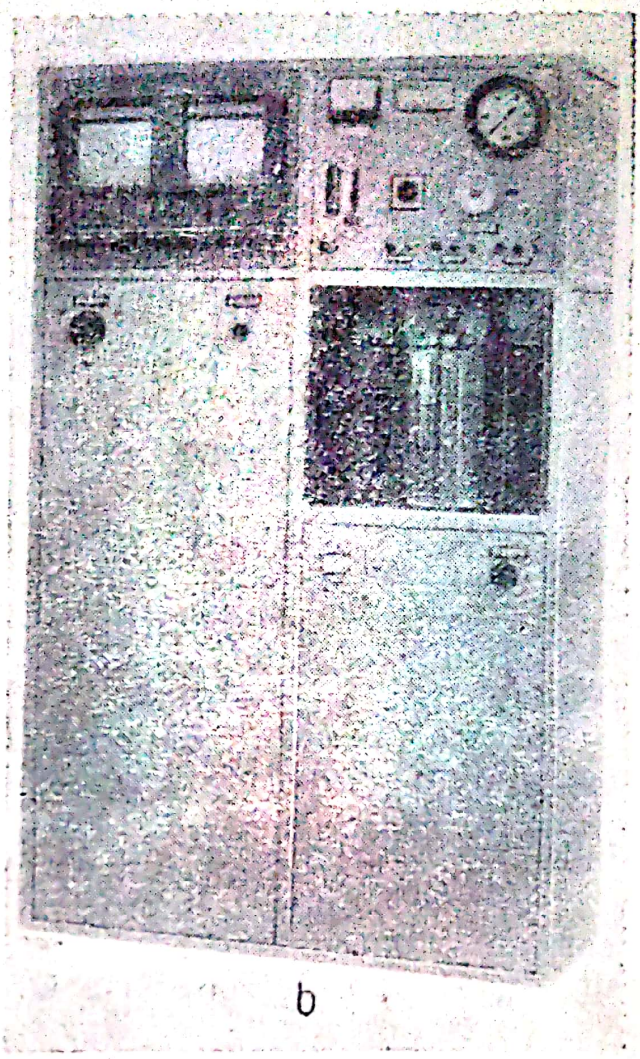
Viscozimetrul Stormer (fig. II 22, *a*, *b*) se compune dintr-un cilindru metalic fixat la un ax *1*, care se roteşte în interiorul unui vas cu tulbureală *2*, acţionat prin intermediul unui angrenaj reductor, de o greutate legată la capătul unui fir trecut peste un scripete.

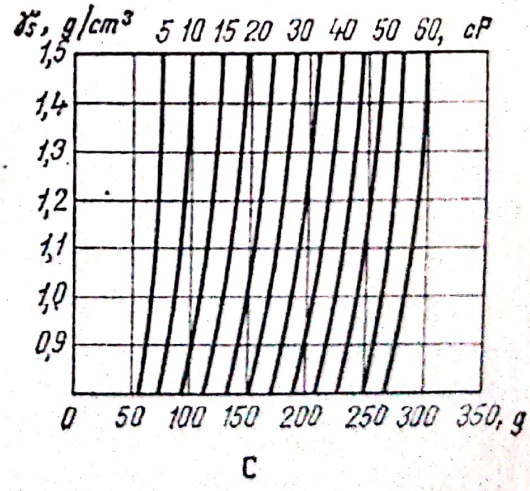
Vasul *2* este montat într-un recipient *3* care serveşte ca baie de apă pentru menţinerea temperaturii dorite în timpul determinării. Pe un cadran gradat *7* se poate citi numărul de rotaţii într-un timp dat.

Modul de lucru. Tulbureala trecută în prealabil prin sită şi curăţită de impurităţi se agită puternic şi apoi se toarnă în vasul *2* pînă cînd acoperă complet aripioarele. Vasul se introduce în baia de apă *3* şi tot sistemul este ridicat în sus, atît cît permite tija de suport, fixîndu-se apoi cu un şurub. Axul *4* se pune în rotaţie slăbind frîna *5*. Tulbureala din vas se agită cu maneta *6* rotind-o de cîteva ori în cele două sensuri, după care se fixează indicatorul cadranului *7* la diviziunea 90 (cu 10 diviziuni înainte de 0).



a

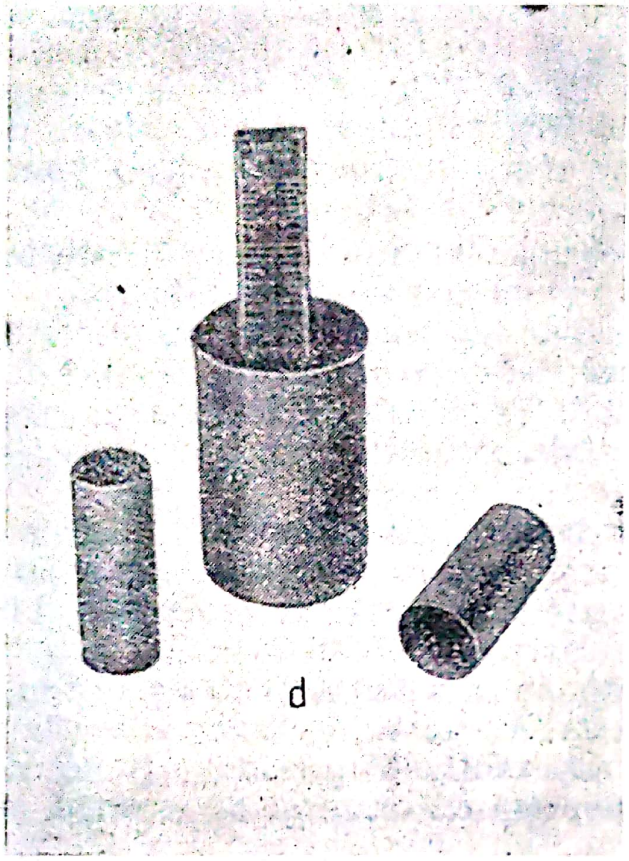

b

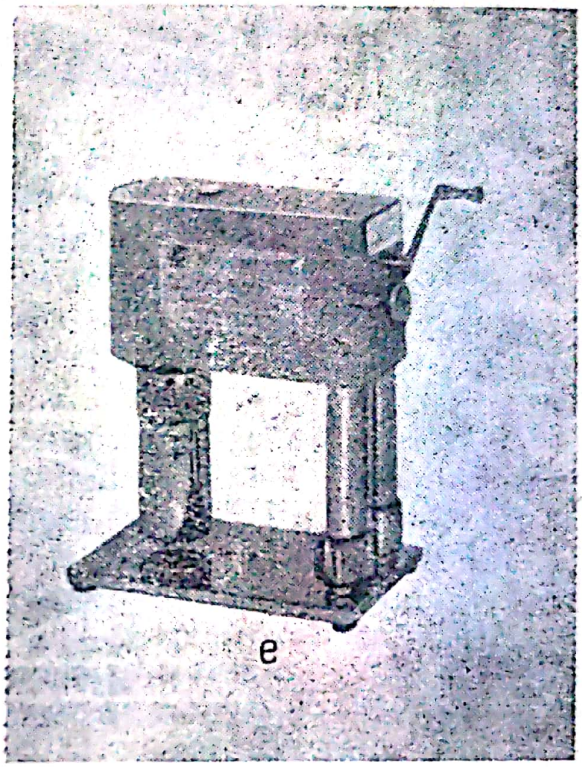


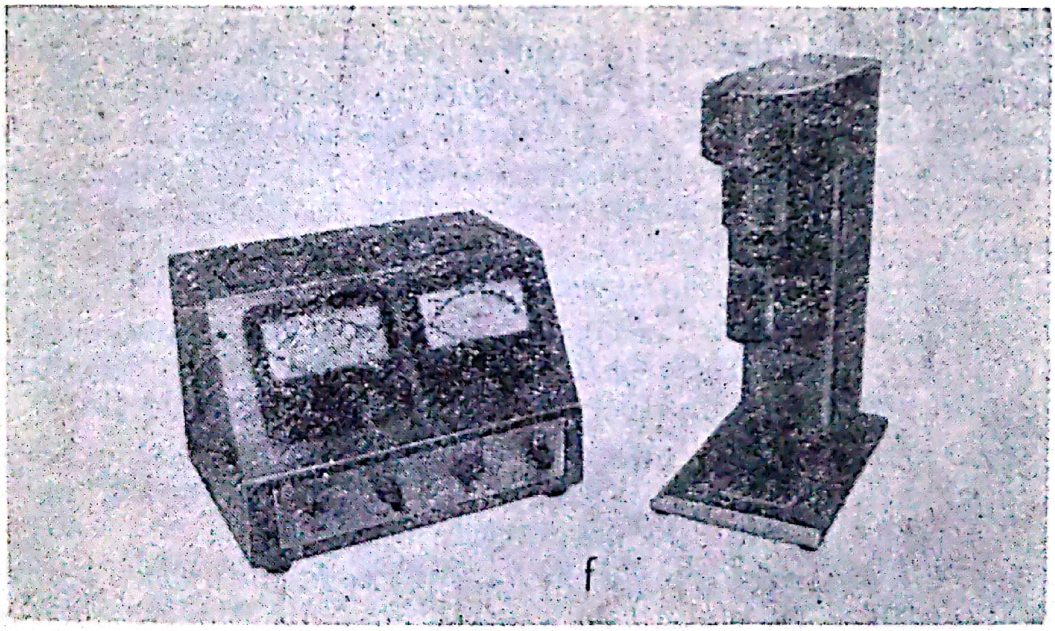
c

Fig. II. 22.

a — Stormer; *b* — Fann; *c* — graficul curbelor de calibrare pentru diferite densități de fluide, la 600







Viscozimetre :
rot/min ; *d* — reometrul API (Baroid) ; *e* — reometrul Barold ; *f* — reometrul Barold cu viteză variabilă.

Scanned with OKEN Scanner

De firul *8* se atîrnă greutăţi *9* pînă cînd axul atinge o viteză de rotaţie de 600 rot/min, măsurate cu tahometrul. Greutatea necesară, în g, pentru a obţine rotaţia de mai înainte minus greutatea corespunzătoare rezistenţei în gol dă viscozitatea, în cP. Rezistenţa în gol se determină în aer pentru 600 rot/min şi are o valoare de 3—5 g. Citirile se exprimă în cP cu aparatul Stormer la 600 rot/min (fig. II 22, *c*).

Viscozitatea măsurată cu viscozimetrul Stormer în cP, este tot o valoare de comparaţie, calitativă şi nu o valoare cantitativă.

c. **Tixotropia**[1]. Soluţiile şi suspensiile coloidale au proprietatea de a se gelatiniza cînd sînt în repaus şi de a deveni fluide cînd sînt agitate, acest proces fiind reversibil. Fenomenul a fost numit tixotropie, de la cuvintele greceşti, *tixis*, care înseamnă atingere, şi *tropos*, schimbare.

Plecînd de la definiţia de mai înainte, s-a căutat să se măsoare tixotropia, fără să se ajungă pînă în prezent la o descriere cantitativă a fenomenului. Din acest motiv, metodele de măsurare oferă ca şi în cazul viscozităţii, numai valori relative de comparaţie.

Una dintre aceste metode propune ca măsură pentru tixotropie gelaţia, adică dependenţa limitei de scurgere, în funcţie de timp, însă justeţea acestui procedeu nu este motivată precis din punct de vedere fizic. Propunerea a fost adoptată ca atare şi se execută cu viscozimetrul Stormer.

Modul de lucru. Proba de tulbureală este preparată şi introdusă în aparat în acelaşi mod ca la măsurarea viscozităţii. Indiferent dacă se face citirea viscozităţii sau nu, fluidul din vas este agitat, învîrtindu-se acul repede într-un sens şi altul, timp de cîteva secunde — pentru a reduce tixotropia la zero sau cît mai aproape de zero — imediat înaintea măsurării rigidităţii de gel, deoarece rigiditatea de gel a celor mai multe noroaie creşte rapid în primele secunde, după ce agitaţia a încetat. Rigiditatea iniţială de gel se măsoară prin determinarea greutăţii minime necesare pentru a produce mişcarea de aproximativ un sfert de tură a axului, după eliberarea frînei fusului. Se adaugă greutăţi, înfăşurîndu-se firul, noroiul fiind bine agitat după fiecare adaos de greutăţi, după ce s-a obţinut învîrtirea dorită.

Greutatea totală, în gf, necesară pentru a se obţine această învîrtire, minus rezistenţa în gol, exprimată tot în gf, indică rigiditatea de gel iniţială (limita de curgere).

O a doua determinare a rigidităţii de gel se face după ce tulbureala a fost lăsată în repaos timp de 9 min şi 30 s, după determinarea

---

[1] Prin tixotropie se înţelege transformarea mecanică internă şi reversibilă sol-gel, a unui corp.

Scanned with OKEN Scanner

rigidităţii iniţiale. Se atîrnă greutăţi suplimentare de fir şi se deblochează frîna. Dacă nu se produce nici o rotaţie a axului, în timp de 30 s, se blochează din nou frîna, se adaugă alte greutăţi şi se eliberează din nou frîna. Se repetă acest pocedeu pînă cînd se găseşte greutatea minimă care produce cel puţin o rotaţie completă, scăzînd greutatea, în g, corespunzătoare rezistenţei în gol. Această greutate indică rigiditatea de gel după 10 min. Dacă timpul petru determinarea greutăţii necesare spargerii gelului trece de 1 min, determinarea trebuie repetată.

În afară de aparatul Stormer, tixotropia mai poate fi măsurată cu tixometrul API (Baroid — fig. II. 22, *d* — care măsoară rezistenţa la forfecare), tixometrul Grodle, [11, 12, 38 şi 39], cu viscozimetrul Fann (acţionat manual sau electric; v. fig. II. 22, *b*), cu reometrul baroid (v. fig. II. 22, *e*) şi cu reometrul Baroid cu viteză variabilă (fig. II. 22, *f*).

Observaţie. Fenomenul tixotropiei s-a constatat în îngroşătoarele etajate de la cianuraţia Săsar şi la minerul auro-argentifer de la Baia de Arieş. Tixotropia apărea datorită conţinutului mare în caolin; de asemenea la Certej, datorită illitului; aceasta dovedeşte necesitatea de a se determina gelaţia tulburelii.

d. **Filtrarea.** Este o caracteristică care dă indicaţii asupra proprietăţii de colmatare a tulburelii. Nu există nici o unitate şi nici metodă de măsurat valoarea coloidală a unui fluid în sens strict cantitativ ; există însă o metodă pentru a indica valoarea coloidală relativă a diferitelor fluide, care foloseşte presa de filtrare Baroid de joasă presiune.

Proprietatea de filtrare sau de colmatare a tulburelii este determinată cu ajutorul unei prese de filtrare (fig. II. 23).

Presa filtru constă dintr-un ansamblu format dintr-o ramă de presă cu şurub şi o celulă de filtrare. Cilindrul de noroi are un diametru interior de 76,2 mm $\pm$1,8 mm şi o înălţime de 127 mm $\pm$ 6 mm, suprafaţa de filtrare rezultată din acest diametru fiind de 45,7 cm^2.

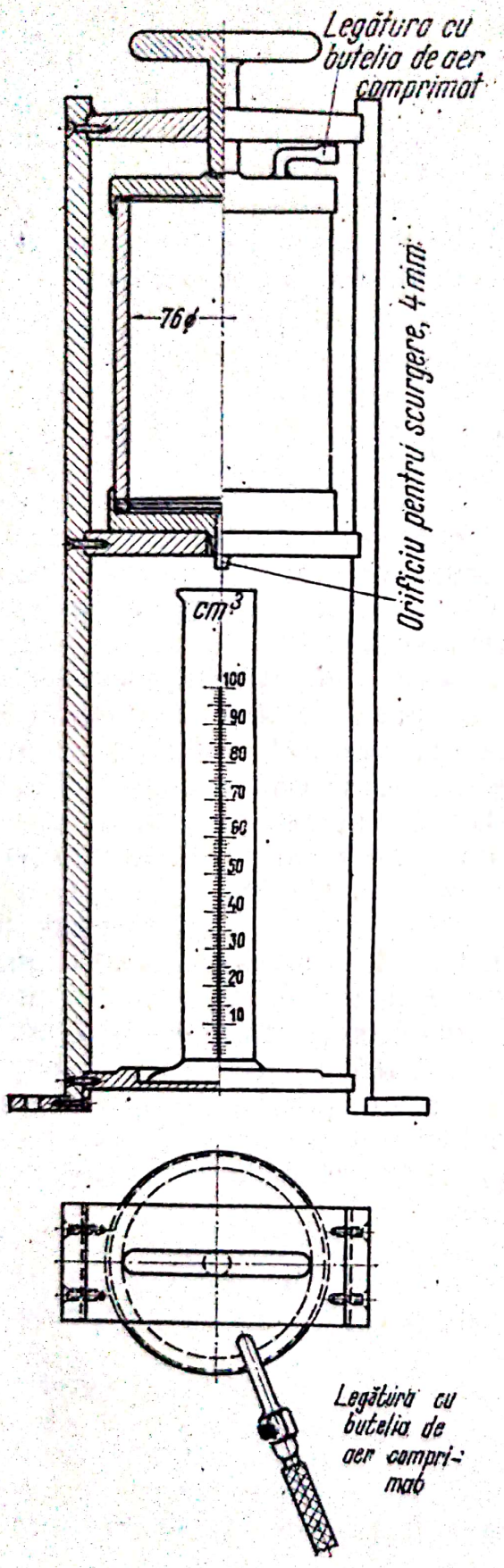
Partea superioară a celulei este închisă cu un capac strunjit aşezat pe o garnitură, care are un mic orificiu pentru admiterea presiunii. Baza celulei este închisă cu o hîrtie de filtru susţinută pe o sită ca suport şi un capac de bază prevăzut cu garniturile necesare pentru a-i asigura o etanşare efectivă.

Filtrarea se face la o presiune de 7 at. Presiunea este produsă cu aer comprimat, cu azot sau cu orice alt mijloc potrivit, capabil să realizeze o presiune. Oxigenul comprimat nu este recomandabil, deoarece prezintă pericol de explozie.

Modul de lucru. Se ia temperatura fluidului înaintea determinării. Pentru comparaţii, în condiţii standard, se recomandă o temperatură de 38°C. Se pot folosi însă şi alte temperaturi convenabile.

Cantitatea de fluid care urmează să fie examinată este de circa 600 cm^3. La montarea aparatului, garnitura, sita de sîrmă, hîrtia

Scanned with OKEN Scanner



de filtru şi cilindrul sînt aşezate pe capacul de bază. Se toarnă fluidul şi se umple celula pînă la 1" de baza superioară. Se aşază capacul cu garnitura pe cilindru, se strînge şurubul presei şi se aplică o presiune cît mai repede posibil. Se va nota cu grijă ordinea operaţiilor la aplicarea presiunii în celula de filtru.

În primul rînd, trebuie ca ventilul cu ac de descărcare să fie deschis, iar şurubul de ajustare aşezat după regulator să fie închis. Apoi se deschide ventilul tubului cu aer, cu aproximativ o rotaţie şi jumătate, se închide ventilul cu ac de descărcare şi se reglează şurubul pînă cînd manometrul de joasă presiune arată 7 at. Se deschide apoi ventilul cu ac, declanşîndu-se în acelaşi timp cronometrul. Filtratul se colectează într-un cilindru gradat timp de 30 min şi se măsoară.

După ce perioada de încercare de 30 min trecut, se închide ventilul tubului, se coboară presiunea prin ventilul de golire şi se eliberează dispozitivul de înşurubare prin învîrtire la stînga. Lichidul şi placa de bază se scot din presă, se scurge afară fluidul rămas, iar turta rezultată din filtrare este scoasă de pe placa de bază, după ce aceasta a fost separată de cilindru cu multă grijă.

Turta este apoi curăţită de excesul de noroi cu un curent slab

Fig. II. 23. Filtru de noroi de joasă presiune tip „Baroid" (presiunea de regim 7 at).

Scanned with OKEN Scanner

de apă și se măsoară grosimea turtei, în mm. Se cercetează turta dacă este flexibilă sau fragilă, netedă sau grăunțoasă, tare sau moale. Se notează orice alte calități ale turtei, care ar fi indicative pentru proprietățile de colmatare ale fluidului.

Formula pentru legea filtrării este:

$$q = k\frac{pt}{m},$$

în care: q este cantitatea de lichid filtrat în timpul t, în cm^3;

t — timpul de filtrare, în min;

k — constanta pentru un fluid determinat;

m — viscozitatea fazei lichide, în cP;

p — presiunea de filtrare, în kgf/cm^2.

Reprezentînd grafic cantitatea filtrată, în funcție de timp, pe o diagramă semilogaritmică (fig. II. 24), se obține o linie dreaptă.

Deci, determinînd cantitatea filtrată la două momente diferite, se poate trasa dreapta care reprezintă fenomenul și se pot determina cantitățile filtrate pentru orice durată de timp.

Panta acestei drepte depinde de natura fluidului cercetat.

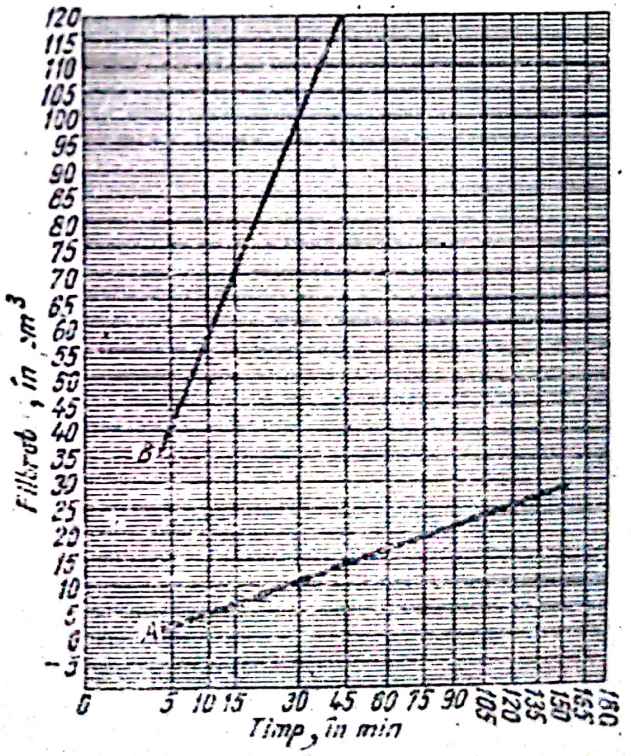


Fig. II. 24. Graficul probei de filtrare:
A — fluid cu proporție mare de coloizi; *B* — fluid cu proporție mică de coloizi.

e. Indicele *p*H. Este o noțiune care exprimă aciditatea sau alcalinitatea actuală, reprezentată prin concentrația momentană a ionilor de hidrogen a unei soluții, spre deosebire de aciditatea sau alcalinitatea potențială, care reprezintă totalitatea ionilor de hidrogen sau de hidroxil pe care un acid, respectiv o bază, o poate pune în libertate treptat în timpul neutralizării.

Scanned with OKEN Scanner

Noţiunea de *p*H are ca punct de plecare constanta de disociere a apei neutre şi chimic pură la temperatura de 22°C.

Apa este disociată foarte puţin după reacţia reversibilă :

$$H_2O \leftrightarrows H^+ + OH^-$$

în ioni pozitivi de hidrogen (H^+) şi ioni negativi (OH^-)

$$\frac{(H^+)\,(H^-)}{(H_2O)} = K \text{ (constantă).}$$

în care (H^+), (OH^-) şi (H_2O) sînt concentraţiile constituenţilor respectivi, iar K este constanta de disociere a apei care nu variază decît cu temperatura ; la 22°C această constantă este :

$$K = 10^{-14} = (H)\ (OH).$$

Pentru apa neutră şi chimic pură rezultă :

$$(H^+) = (OH^-) = 10^{-7}.$$

Dintr-o moleculă-gram de apă distilată (18 g) iau naştere prin disociere un ion H^+ şi unul OH^-, fiecare în concentraţie de 10^{-7} g, adică în 10 000 000 l apă se găseşte un ion-gram H^+ şi 17 ioni-gram OH^-.

Cînd în apă se adaugă un acid sau o bază care se disociază mai mult sau mai puţin punînd în libertate ioni de hidrogen, respectiv de hidroxil, aceşti ioni iau şi ei parte la echilibru şi, deoarece produsul $(H^+)(OH^-)$ trebuie să rămînă constant, silesc ionii de semn contrar să se recombine în apa nedisociată, astfel încît, la un moment dat predomină ionii de hidrogen sau cei de hidroxil, dînd soluţiei un caracter acid sau alcalin.

Pentru simplificare, s-a introdus noţiunea de exponent de hidrogen sau *p*H definit prin :

$$p\text{H} = \lg \frac{1}{(H^+)} = -\lg (H^+),$$

deci *p*H-ul este logaritmul zecimal al valorii inverse a concentraţiei ionilor de hidrogen, adică logaritmul zecimal cu semn schimbat.

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, dacă concetraţia în ionii de hidrogen a unei soluţii este de 10^{-7}, rezultă $pH = -\lg (10^{-7}) = 7$.

Pentru valori mai mici ca 7 soluţia este acidă, petru valoarea 7 soluţia este neutră, iar pentru valori mai mari decît 7 soluţia este alcalină.

***p*H-ul la cîteva soluţii**	*Acid tanic*	*p*H= 3,7
	Hexametafosfatul de sodiu în soluţie 10%	*p*H= 5,9
	Sodă calcinată soluţie 3%	*p*H=11,0

Acidul clorhidric şi hidroxidul de sodiu au constanta de disociere cea mai mare pentru gama de acizi, respectiv de baze şi sînt consideraţi ca acizi, respectiv bază tare. Dacă se dizolvă o moleculă-gram de HCl (36,5 g) într-un litru de apă, soluţia va avea *p*H = 0. Dacă se dizolvă numai a zecea, a suta etc. parte *p*H = 1; 2; etc. Dacă se dizolvă o moleculă-gram de Na OH (40 g) la 1 l apă *p*H = 14. Dacă se dizolvă a zecea, suta etc. parte *p*H = 13; 12 etc. Aceasta este valabil pentru acizii, respectiv bazele tari.

Indicele *p*H se determină prin două metode: metoda colorimetrică şi electrometrică. În continuare vom descrie metodele şi aparatura respectivă.

Colorimetrul Wulff. Se compune dintr-o cutie de bachelită în care se găsesc următoarele piese:

— o serie de cutiuţe, numerotate cu cifre romane *I—VI*, care conţin nişte foiţe de celuloză transparentă şi neutre din punct de vedere chimic, impregnate cu diferiţi indicatori;

— o cutie mai mare tot din bachelită în care sînt o serie de 6 scale numerotate, de asemenea cu *I—VI*, avînd pe ele o serie din aceleaşi foiţe ca mai înainte, colorate diferit, pe care sînt înscrise valorile de *p*H respective.

Un cursor din sticlă mată pe care se pune foiţa care a stat un minut în apa de filtrare al cărei *pH* vrem să-l determinăm. Cursorul se poate plimba pe scala de *p*H.

Determinarea se face astfel: se ia cu penseta o foiţă din cutiuţa care se presupune că ar corespunde *p*H-lui soluţiei şi se afundă în soluţie timp de 1 min, măsurînd durata cu o clepsidră. Se scoate apoi foiţa udă, se fixează pe cursor, iar acesta se plimbă pe scala care poartă aceeaşi cifră romană ca şi cutiuţa din care am luat foiţa.

Dacă culoarea obţinută de foiţă este cuprinsă în seria de culori de pe scală, se notează valoarea *p*H-lui respectiv, ca fiind *p*H-ul soluţiei. Dacă nu se întîlneşte culoarea respectivă pe scală, se reîncepe operaţia, luînd o altă foiţă din altă cutiuţă.

Scanned with OKEN Scanner

Determinarea *p*H-lui prin metoda electrometrică. Principiu. Un electrod metalic, de exemplu de argint, introdus într-o soluţie a unei sări de argint, posedă o tensiune de dizolvare electrolitică, datorită căreia caută să pună în libertate, în soluţie, o cantitate de ioni de Ag, electrodul devenind negativ, faţă de lichid. Acestei tensiuni de dizolvare i se opune presiunea osmotică a ionilor de argint din soluţie, care este cu atît mai mare, cu cît concentraţia soluţiei este mai mare.

Ca urmare a acestor doi factori opuşi, electrodul metalic pune în libertate ioni pînă la atingerea echilibrului între cele două presiuni.

În cazul în care concentraţia soluţiei este mai mare decît concentraţia corespunzătoare echilibrului, o parte din ionii soluţiei se vor depune pe electrod, al cărui potenţial devine astfel pozitiv.

Acelaşi fenomen se întîmplă, dacă în locul metalului este un electrod de hidrogen, iar în soluţie sînt ioni de hidrogen.

Aparatul Beckman. Pentru determinarea *pH*-lui prin metoda electrometrică se foloseşte printre altele *p*H-metrul Beckman care se bazează pe măsurarea potenţialului hidroelectric produs în sistemul electrodului de sticlă de ionii de hidrogen ai noroiului şi amplificat printr-un amplificator electronic.

Electrodul de sticlă se compune dintr-o bulă cu pereţi subţiri, confecţionată din sticlă specială, în care se introduce un electrolit potrivit şi electrodul.

În acest aparat electrodul intern este Ag — AgCl şi electrolitul — o soluţie —0,1 *n* de HCl.

Electrodul de referinţă este electrodul cu calomel saturat. La fundul tubului electrod se află mercur curat, deasupra se află pastă de mercur şi calomel şi în sfîrşit soluţia de clorură de potasiu.

Pentru a se evita formarea unei eventuale polarizări în timpul măsurării forţei electromotrice, se cere ca la citirile pe galvanometru, timpul contactului să fie scurt. Pentru a se evita acest neajuns, la aparatul Beckman se folosesc lămpi electronice care permit citirea fără să se ţină cont de durata contactului.

Modul de lucru. După ce aparatul a fost pus la punct, electrozii se introduc în soluţia tampon cu un *p*H cunoscut şi aparatul se etalonează faţă de această valoare a *p*H-lui. După aceasta, electrozii se scot din soluţia tampon, se spală cu apă distilată, se usucă cu hîrtie de filtru şi se introduc în noroiul al cărui *p*H urmează să fie determinat. Instrucţiuni detaliate de lucru şi întreţinere a *p*H-metrului sînt ataşate la fiecare aparat.

f. Determinarea conţinutului de steril. Această operaţie se face prin trei metode: elutriere, centrifugare şi prin sită.

Scanned with OKEN Scanner

Determinarea nisipului prin elutriere se face cu aparatul elutriator (fig. II. 25).

Modul de lucru. Pentru determinare se umple eprubeta de sticlă pentru tulbureală, cu apă pînă la 250 cm³. Se agită şi apoi se fixează în aparat în poziţia arătată în schiţă. Se spală cu un curent de apă de o viteză determinată. Aceasta se obţine menţinînd un nivel constant de apă în rezervorul aparatului cu ajutorul unei duze de dimensiune determinată, ataşată la capătul tubului de spălare. Operaţia continuă pînă cînd se elimină tot materialul coloidal şi huma, iar apa devine complet limpede.

La început, operaţia spălării se face cu un curent de apă cu o viteză mai mică, care se obţine prin deschiderea parţială a robinetului, pentru a se evita antrenarea particulelor de nisip mai mici, în perioada cînd noroiul din eprubetă are încă o viscozitate sensibil superioară celei a apei.

Nisipul rămîne depus în partea de jos. Se bate uşor eprubeta cu degetul, pentru ca suprafaţa nisipului să fie orizontală. Diviziunea citită reprezintă procentul de nisip.

Determinarea nisipului prin centrifugare se face cu centrifuga pentru ţiţei.

Modul de lucru. Se pune în două fiole de 50 cm³ cîte 10 cm³ tulbureală şi se completează cu apă. Se agită cîteva secunde în mod energic după care se aşază în centrifugă. Noroiul diluat este centrifugat timp de 5 min, la viteza de 1 500 rot/min.

Se citeşte apoi linia de separaţie între nisip şi humă. Cifrele adunate de la ambele eprubete şi înmulţite cu 5 dau procentul de nisip.

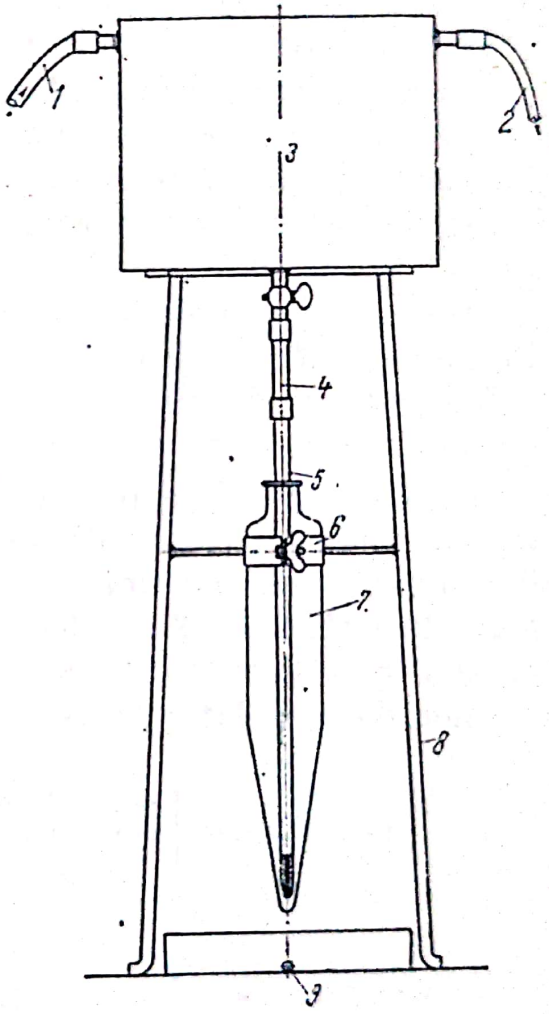


Fig. II. 25. Aparat elutriator pentru măsurat conţinutul de nisip din tulbureală (după laboratorul I.C.F.E. — Cîmpina):

1 — intrarea apei; *2* — ieşirea apei; *3* — rezervor; *4* — furtun; *5* — tub metalic; *6* — şarnieră; *7* — eprubetă de sticlă gradată pînă la 250 cm; *8* — trepied; *9* — scurgere.

Scanned with OKEN Scanner

Determinarea nisipului cu sita Baroid. Aparatul constă dintr-o sită 80 D.I.N. montată într-un niplu de $2^1/_2''$, la capetele căruia se pot adapta o pîlnie şi un tub de elutriere.

Modul de lucru. Se măsoară cu tubul de elutriere 75 cm³ de tulbureală care, în cazul în care noroiul este vîscos, se diluează cu apă.

Se fixează pîlnia la partea inferioară a niplului şi se strecoară tot noroiul prin sită, spălînd în acelaşi timp cu apă şi ciocănind sita pînă cînd nisipul rămîne curat.

Se detaşează pîlnia de la aparat, din capătul de jos al niplului, după care tot ansamblul se întoarce cu 180° pentru ca nisipul să curgă prin pîlnie în tubul de elutriere.

Se antrenează prin spălare cu apă nisipul de pe sită în tubul elutriator, lăsîndu-se apoi cîtva timp pentru ca acesta să se depună complet în partea inferioară a tubului. Diviziunea de pe tubul de elutriere la care se află suprafaţa nisipului reprezintă procentul de nisip al tulburelii.

Aparatura şi metodele de lucru expuse mai înainte cu privire la viscozitate, filtrare, *p*H şi determinarea nisipului, sînt cele folosite în Laboratorul de fluide de foraj din Cîmpina — aceleaşi ca cele descrise în literatura modernă de specialitate [11, 12 şi 13].

Pentru exemplificare se dau în continuare determinările de laborator ale parametrilor tulburelii sterilului din minereul complex a cărui analiză chimico-mineralogică şi granulometrie sînt prezentate în tabelele II. 2 şi II. 3 : densitatea 1,127 ; viscozitatea Marsh 30 s ; viscozitatea Stormer cP 4,8=1,35°E = 42 SU s ; gelaţia la 0′, în g Stormer 0,00 ; gelaţia la 10′ ; în g Stormer 1,50 ; *p*H = 6,80.

Centrifugarea	Material fin (humă)	6,0%	
	Material grosier (nisip)	4,5%	(în volum)
		Total 10,5%	

Filtrarea (cu presa la 7 at)		3
Prima filtrare : filtrarea a 451 cm³ în 29 min 33 s din 500 cm³ steril turta		11 mm
A doua filtrare peste prima turtă : filtrarea a 238 cm³ în 30 s turta		22 mm
A treia filtrare pentru a doua turtă : filtrarea a 120 cm³ în 30 s turta		33 mm
Conţine apă :	81,2% (în greutate)	
	18,8% (în volum)	
	Total 100,0%	

Scanned with OKEN Scanner

2. Considerații cu privire la sedimentare

Sedimentarea este deplasarea particulelor solide prin lichid cauzată de forța gravitației sau de o forță centrifugă, unde s-au notat: A — aria secțiunii, în cm²; r — raza centrifugei, în cm; c_t — coeficientul de tractare; n — masa particulei; $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ — viteza unghiulară.

Suspensiile solide se depun după legea lui Stokes, care are ca limită inferioară de aplicare trecerea de la suspensii la soluții coloidale[1]. Viteza de sedimentare V_s este dată, în cm/s, de formula:

$$V_s := \frac{g\,d^2}{18\eta}(\gamma_s - \gamma_l)\ [\text{cm/s}],$$

în care: g este accelerația gravitației, în cm/s²;
d — diametrul particulei, în cm;
γ_s — greutatea specifică a particulei, în g/cm³;
γ_l — greutatea specifică a lichidului, în g/cm³;
η — viscozitatea fluidului, în g·s/cm².

Limita superioară a aplicării legii lui Stokes depinde de dimensiunile particulelor, de densitatea lor și de proprietățile fizice ale lichidului în care sedimentează; valoarea numerică a criteriului Reynolds $\mathrm{Re} \approx 1$ constituie caracteristica acestei limite. Pentru $150\,000 > \mathrm{Re} > 500$, forma finală a formulei care dă viteza de sedimentare este:

$$V_s = 5{,}45\sqrt{d\,\frac{\gamma_s - \gamma_l}{\gamma_l}}\ .$$

Timpul de decantare este indicat în tabelul II.6 care dă vitezele de sedimentare pentru diferite mărimi de grăunți [53]. Se observă importanța mărimii particulelor deoarece atunci cînd finețea particulelor intră în categoria semicoloizilor sau a coloizilor adevărați (mai fină decît 0,0001 mm), decantarea este încetinită pînă aproape de oprire.

Gravitația este factorul preponderent în sedimentare. Gravitației se opune frecarea dintre particulă și lichidul prin care trece.

---

[1] Pentru particule de cuarț în apă, diametrul limită este 0,0074 mm.

Scanned with OKEN Scanner

Această frecare este o funcţie de natura şi de aria suprafeţei particulei şi de viscozitatea lichidului prin care se depune. Aria suprafeţei pentru o anumită greutate de substanţă granulară creşte pe măsură ce

Tabelul II.6. **Relaţia dintre diametrul particulei şi viteza de sedimentare [53]**

Diametrul granulei mm	Ordinul de mărime	Viteza de sedimentare mm/s	Timpul necesar pentru a parcurge 1 m
10	Pietriş	1 000	0,98 s
1	Nisip grosier	100	9,84 s
0,1	Nisip fin	8	2 min şi 4 s
0,01	Mîl	0,154	1 3/4 h
0,001	Mărimea bacteriilor	0,00154	180 h
0,0001	Mărimea particulelor de argilă	0,0000154	2 ani şi 24 zile
0,00001	Mărimea particulelor coloidale	0,000000154	206,64 ani

descreşte mărimea grăuntelui. Întrucît greutatea sau efectul gravitaţiei nu se modifică dacă materialul se pulverizează, timpul de decantare este efectiv mărit de rezistenţa crescîndă opusă decantării de către suprafaţa mai mare (mărită prin pulverizare) a materialului. Este evident că volumul particulelor sferice descreşte mai repede decît aria suprafeţei (aria fiind egală cu πd^2, iar volumul cu $\pi d^3/6$. Acest lucru este mai bine evidenţiat în tabelul II. 7 care dă aria suprafeţei

Tabelul II.7. **Creşterea ariei suprafeţei în raport cu descreşterea diametrului particulei [54]**

Diametrul cm	Sita ochiuri/ţol	Aria suprafeţei unei singure particule cm^2	Volumul unei singure particule cm^3	Numărul particulelor	Aria suprafeţei totale cm^2
2,54	1	20,38	8,6	1	20,38
0,165	10	0,086	0,00236	3 630	310,00
0,00738	200	0,00017	0,000000207	40 987 000	7 000,00

pentru o particulă cu diametrul de 1″ (2,54 cm) şi pentru aceeaşi substanţă pulverizată astfel ca să treacă prin site cu 10 şi 200 ochiuri pe ţol liniar. Se observă că o particulă sferică cu diametrul de 1″ care are o arie de 20,38 cm^2, dacă este măcinată la un grad de fineţe, care să-i permită trecerea printr-o sită cu 200 ochiuri/ţol, îşi măreşte aria suprafeţei la 7 000 cm^2. După W.H. Twenhofel [58] un gram de argilă sau de mîl extrem de fin poate avea o suprafaţă de 200—900 m^2. O suprafaţă extensivă ca aceasta, dă argilei o capacitate de

Scanned with OKEN Scanner

adsorbţie extrem de mare şi anumite substanţe sînt ţinute cu tenacitate. Valoarea vitezei de sedimentare scade considerabil din cauză că la această enormă creştere a suprafeţei de contact dintre substanţă şi lichid nu corespunde o creştere a greutăţii.

În tabelul II.8 se redau suprafeţele cîtorva argile, după S. Caillère [46].

Masele acestor particule mai fine (coloidale) sînt îndeajuns de mici încît şocul neechilibrat al ionilor, care se exercită din toate părţile, este de un ordin de mărime capabil să producă o agitaţie violentă a fiecărei particule, generînd o mişcare intricată în zigzag numită mişcare browniană. Această mişcare poate fi observată cu un microscop obişnuit folosind un cîmp întunecat. Mişcarea browniană dă naştere la frecare între particule şi lichid şi astfel apare o sarcină electrică. Deoarece particulele aflate în suspensie poartă sarcini electrice de acelaşi fel, ele se resping reciproc, împiedicînd coagularea şi în consecinţă sedimentarea. În afară de efectul respingerii dintre particule, depunerea particulelor sub acţiunea gravitaţiei mai este stînjenită şi de către mişcarea browniană. Aceste particule

Tabelul II.8. **Suprafaţa cîtorva argile, în m^2/g [46] (după S. Caillère)**

Mineralul	Metoda de determinare	
	Adsorbţia azotului Brunauer, Emmett, Teller (B.E.T.)	Adsorbţia etilenului glicol Hendricks, Dyal
Attapulgit	140,00	—
Illit	113,00	89,60
Caolinit	22,00	45,00
Haloisit	—	44,40
Nontronit	75,00	—
Sepiolit	394,00	—
Montmorillonit	82,00	—
(Wyoming)	—	761,00
(Tehachapi)	—	719,00
(Cheto)	—	880,00

în stare coloidală sau semicoloidală rămîn în suspensie un timp aproape indefinit din cauza factorilor menţionaţi.

Substanţa dispersă, coloidul şi mediul de dispersiune constituie o soluţie coloidală. Cînd particulele sînt dispersate într-o soluţie coloidală se zice că sînt defloculate, coagularea particulelor dispersate se numeşte floculaţie, iar agregaţii formaţi se numesc floculi sau fulgi. Şlamurile[1]

[1] Noroi îngroşat.

Scanned with OKEN Scanner

din tulbureală sînt stabile din cauză că particulele coloidale au proprietatea de a adsorbi ioni. Potrivit ipotezei stratului dublu a lui Helmholtz, pe suprafaţa de contact dintre cele două faze, adică între particula solidă şi lichid, se crează o diferenţă de potenţial, deoarece pe suprafaţa unei faze se concentrează ioni de semn contrar. Aceste sarcini provoacă respingerea dintre particule, împiedicînd formarea fulgilor şi deci sedimentarea.

Adsorbţia de ioni poate fi făcută preferenţială, întrucît anumite particule coloidale absorb ioni negativi din soluţiile anumitor electroliţi şi ioni pozitivi din soluţiile altor electroliţi.

La fel ca şi la coloizi, cărbunele alcalinizat rămîne suspendat în apă posedînd o sarcină electrică negativă. La pH = 3,8 floculează şi se depune rapid. La acest pH cărbunele devine neutru din punct de vedere electric. Cărbunii alcalini, cînd se află în suspensie în apă curată, se mişcă spre polul pozitiv, în timp ce cărbunii trataţi cu acid sînt practic staţionari. Cărbunii alcalini sînt încărcaţi negativ, iar cărbunii trataţi cu acid neutru sau la punctul lor de egal potenţial electric.

Spre a provoca depunerea particulelor coloidale, trebuie neutralizată sarcina lor electrică. Neutralizarea are ca efect floculaţia, particulele devenind astfel suspensii grosiere.

Floculaţia reduce într-o măsură apreciabilă numărul particulelor fine disperse pe unitatea de volum, eliminînd în acelaşi timp şi efectul mişcării browniene, deoarece se formează fulgi mai mari decît limita superioară de acţiune (5 μ) a acestui fenomen.

Floculaţia se poate produce prin adaos de electroliţi, prin introducerea unui coloid de semn opus, sau prin curent electric continuu (electroforeză[1]).

În procesul de limpezire a apelor se folosesc electroliţii, iar electroforeza se aplică la prepararea caolinului (la Harghita) şi la dezemulsionarea ţiţeiului (la Boldeşti), [60].

Electroliţii mai frecvent folosiţi sînt: varul, sulfatul de fier (calaicanul), sulfatul de aluminiu, acidul sulfuric, alaunii, soluţiile de amidon, clorura de fier etc.

Se folosesc de asemenea polimerii sintetici macromoleculari (produse intermediare de la fabricarea fibrelor sintetice, a răşinilor sintetice etc.). Floculanţii cu aplicare universală avînd eficacitate atît în mediul alcalin, cît şi în cel acid sînt: Separan 2 610 şi Aerofloac 3 000 (poliacrilamide în formă de praf), DT 120 în soluţie cu concentraţia de 12,5% K MT (carbonil -metil-celuloză) şi Jaguar (produs natural-polizaharid).

[1] Deplasarea particulelor coloidale sau în suspensie, sub acţiunea unui cîmp electric „exterior".

Scanned with OKEN Scanner

Dozarea adaosului de electroliţi trebuie făcută cu multă atenţie, atît cît este necesar pentru a neutraliza sarcinile particulelor, fiindcă un exces de electrolit va încărca particulele cu o sarcină electrică de semn opus refăcînd stabilitatea lor.

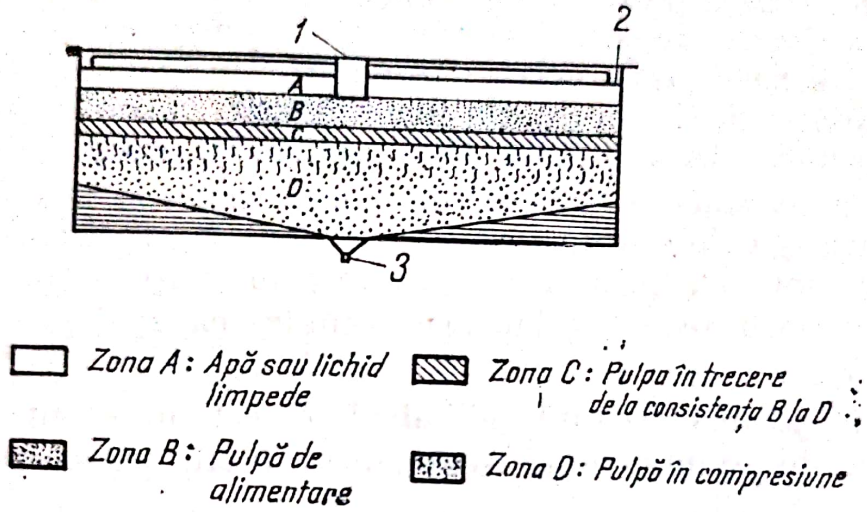


Fig. II. 26. Secţiune printr-un îngroşător continuu, ilustrînd zonele de sedimentare:
1 — alimentare; *2* — preaplin — lichid limpede; *3* — şlam — tragerea pompei [48].

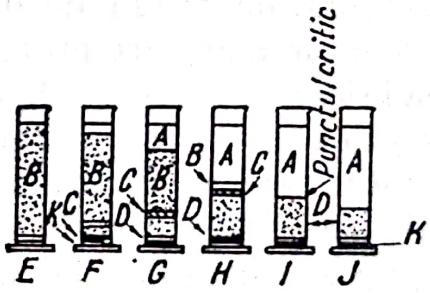


Fig. II. 27. Fazele de sedimentare-limpezire intermitentă [43].

Un alt factor care influenţează indirect sedimentarea este temperatura. Urcarea temperaturii scade viscozitatea mediului lichid, şi prin aceasta măreşte viteza de sedimentaţie a suspensiilor solide. Diferenţa dintre viteza de sedimentaţie din timpul verii şi cea din timpul iernii este de circa 20 %. În cazul folosirii încălzirii, trebuie să fie evitaţi curenţii de convecţie, provocaţi de distribuţia inegală a căldurii, care pot stînjeni serios decantarea.

Coe şi Clevenger [10] au arătat că decantarea tulburelii trece prin diferite faze care sînt explicate şi reprezentate în fig. II. 26 şi în fig. II. 27. Cilindrul *E* arată o tulbureală bine amestecată, aşa cum se trimite în decantor.

Particulele grele, dacă există, se vor depune imediat, aşa cum este arătat prin stratul întunecat *K* de la fundul cilindrilor următori.

Capitolul

III

METODE ŞI PROCEDEE PENTRU INDEPĂRTAREA STERILULUI ŞI LIMPEZIREA APELOR CU SUSPENSII MINERALE

A. METODE ŞI PROCEDEE FOLOSITE ÎN TRECUT ÎN ROMÂNIA

În continuare se face mai întîi o succintă prezentare cu exemplificări, a procedeelor clasice aplicate pînă nu de mult.

1. Procedeul aplicat la Gura Barza

Este cel mai interesant procedeu aplicat în uzina de ştampare Gura Barza (minereu auro-argentifer). În fig. III. 1 este arătată alcătuirea fluxului tehnologic de limpezire a apelor reziduale şi de îndepărtare a sterilului.

Apele reziduale provenite de la bateriile de şteampuri sînt ridicate cu ajutorul roţii elevatoare şi dirijate apoi prin gravitaţie pe un jgheab de lemn şi deversate în bazinele frontale.

Aici este reţinut nisipul grosier, iar cel fin este antrenat de tulbureală în bazinele piramidale (fig. III.2). Nisipul grosier este luat cu bena din bazinele frontale — de formă paralelipipedică; cupa benei are suficientă mobilitate încît poate lua nisipul grosier din cele 4 compartimente frontale, care sînt folosite prin rotaţie şi-l descarcă într-un siloz de lemn. Din siloz, nisipul cade în cupele funicularului de nisip care-l transportă şi-l descarcă pe versantul dealului formînd halda arătată în fig. III. 3.

În bazinele piramidale are loc decantarea mîlului; apa limpezită trece din ultimul bazin piramidal în circuitul uzinei de preparare, iar mîlul îngroşat este aspirat din fiecare bazin piramidal cu pompa

Scanned with OKEN Scanner

de vid tip Mammuth, într-un recipient (cazan) şi refulat cu aer comprimat prin conductă metalică, la iazurile de depozitare *1* şi *2*, de lîngă halda de nisip (v. fig. III.1). În fig. III. 4 este arătată schema de lucru a pompelor de vid tip Mammuth.

Digurile de centură ale iazurilor de depozitare *1* şi *2* şi al iazului de limpezire *3*, sînt construite din nisip grosier, bătut cu maiul, care se aduce din haldă pe linia de decovil (linie îngustă) instalată pe coronamentul digurilor (fig. III. 1).

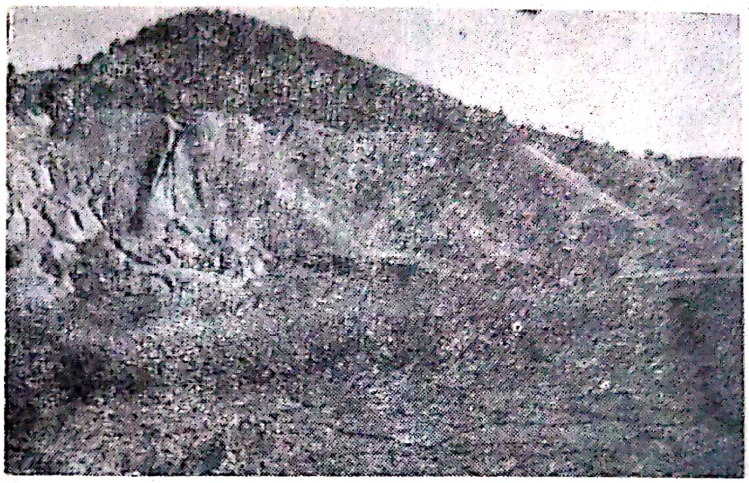


Fig. III. 3. Haldă de nisip transportat cu funicularul şi iazul pentru depozitarea mîlului.

Instalaţia aceasta a asigurat limpezirea apelor reziduale provenite de la prepararea minereului aurifer, pînă cînd capacitatea instalaţiei fiind depăşită, s-a proiectat instalaţia de la Rovine (cu depunere subacvatică).

Dezavantajele acestui procedeu sînt:

1) *Necesită bazine piramidale cu suprafaţă mare*
2) *Necesită o benă*, care pentru tonajul respectiv reprezintă o instalaţie costisitoare ca investiţie, întreţinere manipulare
3) *Necesită un funicular* pentru transportul nisipului grosier a cărui funcţionare este dificilă iarna cînd nisipul îngheaţă în cupe
4) *Necesită o instalaţie de pompe de vid şi de compresoare*, pentru refularea mîlului în iazurile de depozitare
5) *Digurile de centură ale iazurilor de depozitare a mîlului se construiesc cu mijloace mecanice, costisitoare*

Dezavantajele enumerate mai înainte, demonstrează cît este de greoi şi de complicat un astfel de procedeu.

2. Procedeul aplicat la Certej-Săcărîmb

La Certej-Săcărîmb (minereu aurifer), tulbureala de la flotaţie era condusă într-un hidroclasor mecanic montat pe un eşafodaj de lemn deasupra pîrîului Hondol. Nisipul grosier sortat la hidroclasor

Scanned with OKEN Scanner

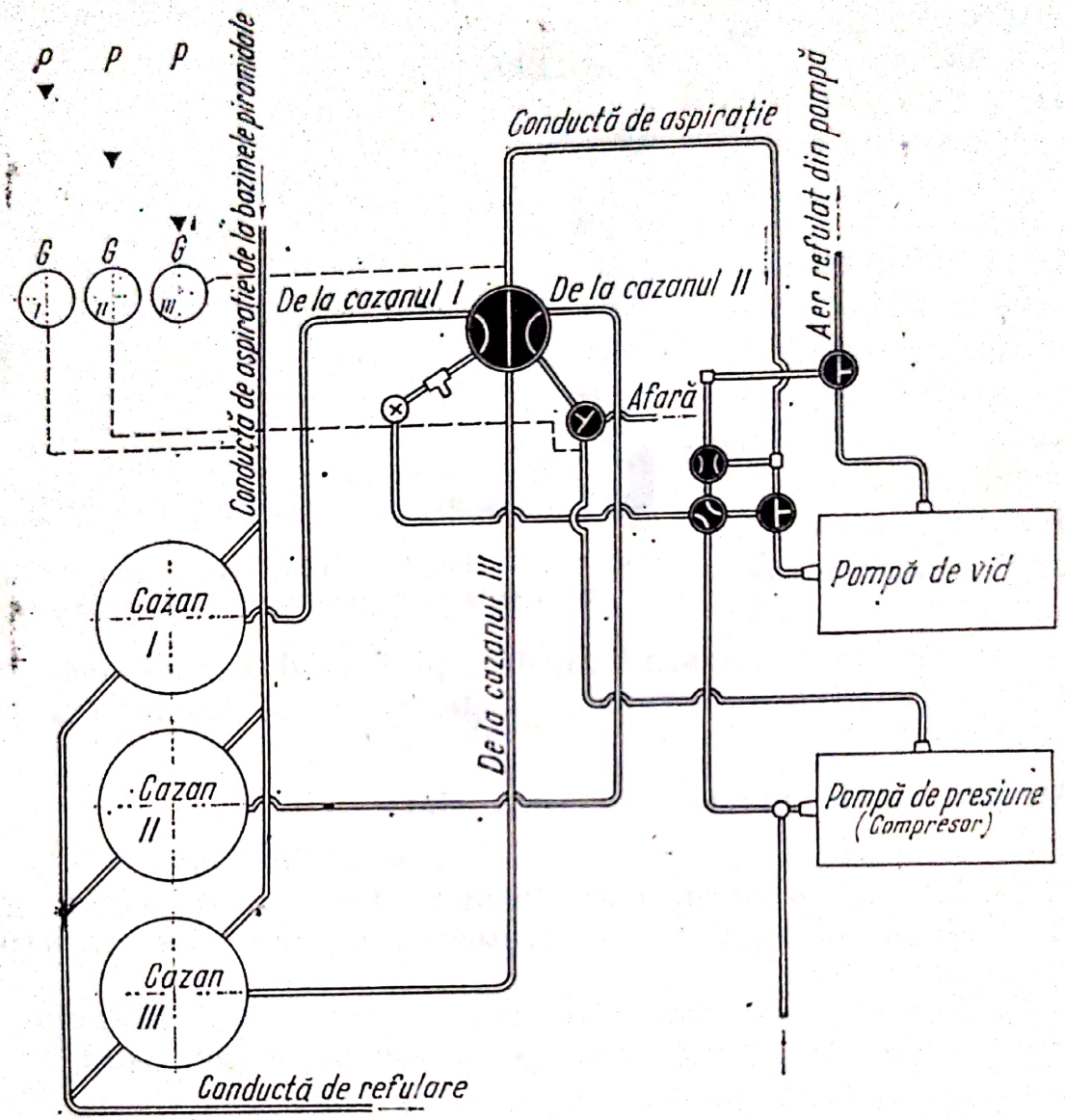


Fig. III. 4. Schemele de lucru ale pompelor tip, „Mammuth'' :

Timpul I	Din cazanul *I*	aspiră pompa de vid
	Din cazanul *II*	compresorul aspiră aerul rămas sub presiune
	Din cazanul *III*	compresorul refulează reziduurile afară
Timpul II	Din cazanul *I*	compresorul refulează aerul cu reziduuri afară
	În cazanul *II*	pompa face vid
	Cazanul *III*	ia aer sub presiune din compresor
Timpul III	Din cazanul *I*	compresorul aspiră aerul rămas sub presiune
	Din cazanul *II*	compresorul refulează aerul rămas sub presiune
	În cazanul *III*	pompa face vid

P — ventile; *G* — manete de manevră pentru cazanele *I*, *II* și *III*.

Scanned with OKEN Scanner

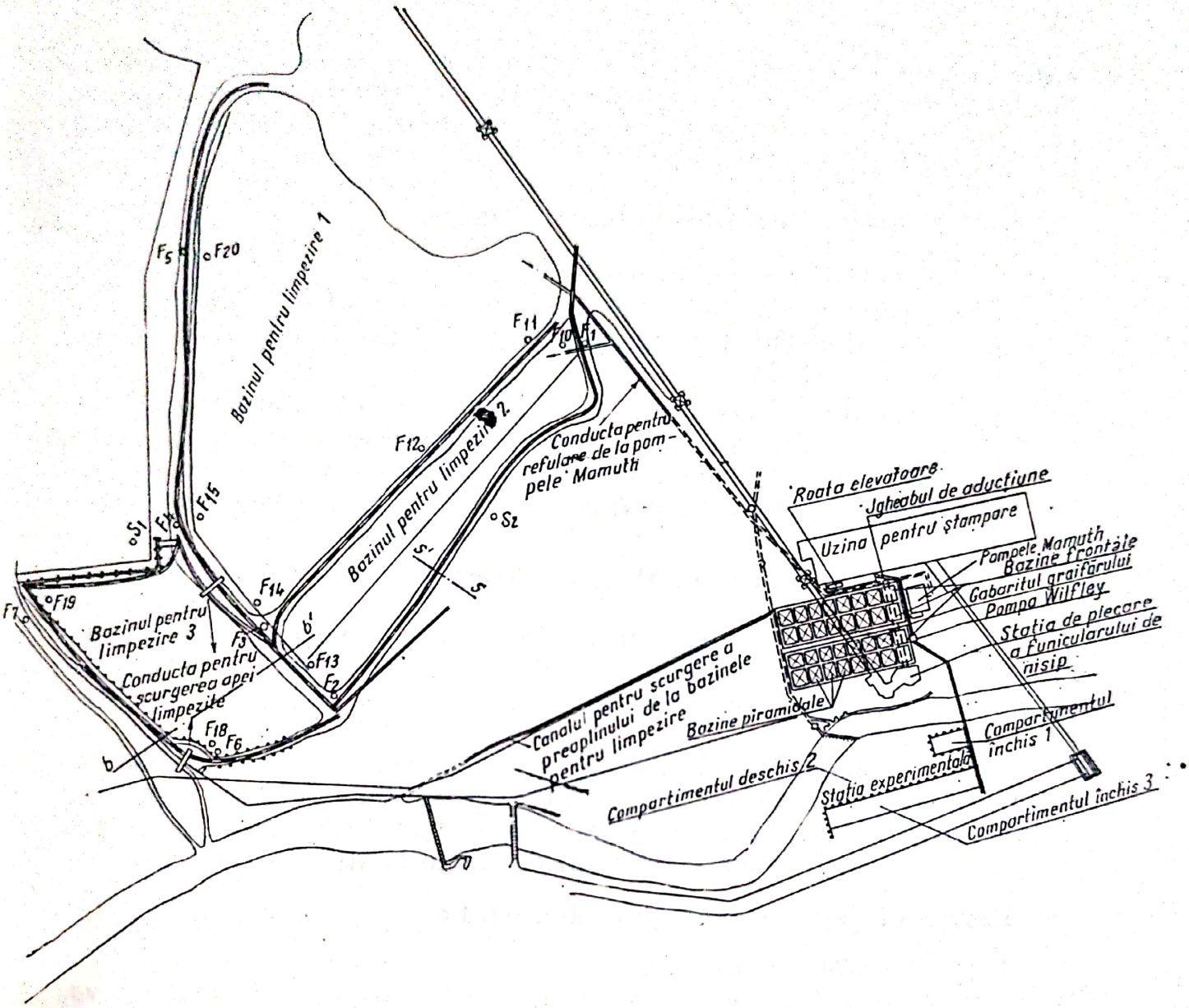


Fig. III. 1. Ansamblul vechii instalații de la Gura Barza.

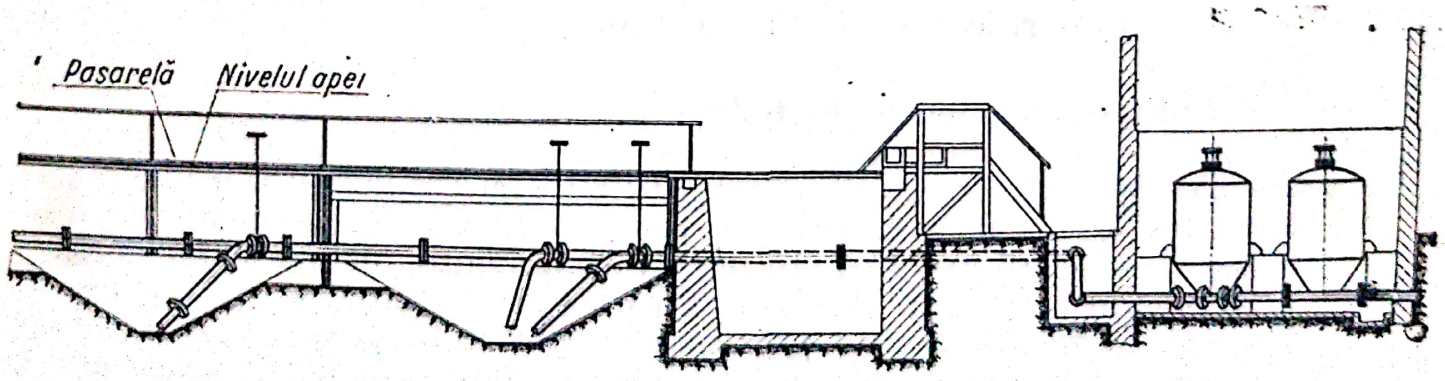


Fig. III. 2. Secțiune prin bazinele de limpezire.

cădea direct în cupele funicularului şi era apoi transportat la circa 800 m şi descărcat într-o depresiune naturală. Tulbureala cu suspensiile fine (mîl) era evacuată din hidroclasor direct în pîrîul Hondol, care în timp de secetă seca.

Dezavantajele acestui procedeu sînt:

1) *Necesită un hidroclasor*
2) *Necesită un funicular* pentru transportul nisipului grosier a cărui funcţionare este dificilă iarna cînd nisipul îngheţată în cupe
3) *Tulbureala evacuată în bazinul natural fără o prealabilă limpezire, degradează apa acestuia făcînd-o improprie pentru alte folosinţe, iar împotmolirea abia duce la inundarea şi degradarea terenurilor învecinate, în timpul ploilor abundente*

3. Procedeul aplicat la Baia de Arieş

La Baia de Arieş (minereu aurifer) s-a ivit necesitatea înmagazinării rămăşiţelor aurifere din tulbureala rezultată de la flotaţie (prima treaptă de preparare), care urmau să fie prelucrate ulterior prin cianurare.

În acest scop, tulbureala era condusă în incinta unui iaz de înmagazinare îndiguit cu bîrne, unde rămăşiţele aurifere împreună cu sterilul se decantau, iar apa era evacuată în Arieş prin intermediul unor barbacane practicate în digul de bîrne la diferite înălţimi.

Dezavantajele acestui procedeu sînt:

1) *Necesită un dig de bîrne*
2) *Sistemul de evacuare a apei prin barbacane este impropriu unei decantări complete* şi în consecinţă suspensiile fine evacuate reprezintă pierderi de aur şi totodată produc impurificarea rîului receptor

4. Procedeul aplicat la Bălan

La Bălan (minereu de cupru), tulbureala era condusă în incinta unui iaz de decantare, realizat prin îndiguirea manuală cu steril din mină a părţii din aval. În partea din amonte, incinta se închidea prin relieful terenului. Deversarea tulburelii se făcea la partea din amonte, astfel că sterilul grosier se depunea în această parte, iar suspensiile fine ajungeau în aval la dig. Apa se evacua în Olt printr-un colector din lemn în care erau practicate preaplinuri din lemn.

Scanned with OKEN Scanner

Dezavantajele acestui procedeul sînt:

1) *Digul de steril din mină este uşor străpuns din cauza presiunii hidrostatice*
2) *Colectorul din lemn nu este etanş*, astfel că apa evacuată antrenează steril şi impurifică rîul colector

Procedeul ar fi putut fi îmbunătăţit deversînd tulbureala în aval obţinîndu-se astfel consolidarea digului prin căptuşirea cu steril depus din tulbureală.

5. Procedeul proiectat pentru aplicare la Capnic

La instalaţia de flotaţie de minereu complex de la Capnic, pentru îndepărtarea sterilului, s-a proiectat un procedeu în care după separarea concentratelor metalifere, tulbureala cu steril se trece în îngroşătoare, apoi în instalaţia de filtre cu vid, unde se obţine apa clarificată care se scurge în pîrîul Capnic, iar sterilul se transportă cu funicularul şi se depozitează pe o haldă, amenajată pe un platou la circa 1 km de instalaţia de flotaţie.

Acest procedeu prezintă dezavantajele:

1) *Necesită îngroşătoare* care sînt construcţii metalice costisitoare şi voluminoase care măresc construcţia flotaţiei
2) *Necesită instalaţie de filtrare cu vid*, care este foarte costisitoare atît ca investiţie, cît şi ca întreţinere
3) *Necesită un funicular* pentru transportul sterilului a cărui funcţionare este dificilă iarna cînd nisipul îngheaţă în cupe

Şi acest procedeu, ca şi cel de la Gura Barza, necesită importante investiţii, sporind preţul de cost al preparării minereului.

B. STRUCTURA ŞI CARACTERISTICILE DEPOZITULUI DE STERIL

1. Generalităţi

Îndepărtarea sterilului este o condiţie „sine qua non" a activităţii miniere, iar metodele de îndepărtarea acestuia (îndeosebi cel provenit de la prepararea mineralelor) trebuie să satisfacă trei deziderate majore şi anume:

1) *Cost minim de investiţie* (neproducătoare de beneficii)
2) *Respectarea normelor ecologice* (protecţia mediului ambiant)
3) *Să nu pericliteze aşezările umane sau alte bunuri materiale*

Scanned with OKEN Scanner

Din însăşi criteriile enunţate mai înainte se conturează schema fluxului îndepărtării sterilului. 1) *transportul hidraulic al sterilului*; 2) *alegerea unui amplasament adecvat pentru depozitare şi construirea unui dig stabil şi impermeabil pentru închiderea incintei de reţinere a sterilului*; 3) *decantarea suspensiilor solide şi epurarea efluentului*; 4) *recircuitarea apei limpezite.*

Ţinînd seama de capacităţile de înmagazinare şi de înălţimile mereu crescînde ale depozitelor de steril (ce rivalizează cu barajele hidrocentralelor) şi avînd în vedere numeroasele accidente — proiectarea depozitelor de steril trebuie să fie bazată pe o metodologie precisă şi nu pe empirismul rezultat din practică.

Premergător proiectului se elaborează un studiu extensiv referitor la condiţiile mediului ambiant, climatul, geologia, hidrologia şi topografia zonei de amplasare a iazului de decantare. Se determină în detaliu parametrii apelor subterane, precum şi parametrii geotehnici ai amplasamentului spre a stabili dacă fundamentul depozitului poate suporta sarcina respectivă fără tasări diferenţiale; de asemenea se determină permeabilitatea pentru a evalua posibilităţile de drenare a apei din sedimentul depozitat.

Alegerea amplasamentului digului şi depozitului de steril constituie cheia soluţiei tehnico-economice; la aceasta trebuie să se ţină seama de: 1) *distanţă*; 2) *diferenţă de nivel*; 3) *capacitate de depozitare şi drenare*; 4) *costul de construire a digului de închidere* — precum şi de următorii factori sociali: 5) *economisirea terenurilor cultivabile* 6) *siguranţa aşezărilor*; 7) *protecţia surselor naturale de apă.*

Depozitul de steril se poate amplasa: 1) *pe teren plan*, digul închizînd perimetrul de contur-patrulater, sau circular (v. fig. XI. 19 — Deva); 2) *de-a lungul unui versant*, care constituie o latură — iaz de coastă (v. fig. XI. 27 — Brăzeşti; 3) *pe talvegul unei văi*, pe care digul o închide (baraj; v fig. VIII. 13 — Paroşeni şi fig. XI. 20 — Valea Devei).

Digul trebuie astfel proiectat încît să-şi menţină stabilitatea nu numai în timpul construcţiei şi exploatării, ci multă vreme după abandonare; acesta trebuie să satisfacă două condiţii esenţiale:

1) *Să asigure înmagazinarea continuă a sterilului şi să nu permită prelingeri sau exfiltraţii care să polueze terenurile sau sursele de apă învecinate*
2) *Stabilitatea structurală să fie sigură, spre a nu pune în pericol aşezările omeneşti sau să dăuneze terenurilor învecinate şi surselor naturale de apă*

Pentru a reduce la minimum costul investiţiei se impune ca digul să se construiască în întregime chiar din sterilul care se depozitează.

Scanned with OKEN Scanner

Construirea în etape a digului reduce investiţia iniţială.

În vederea proiectării se efectuează determinări de laborator privind componenţa chimico-mineralogică a sterilului, granulometria, rezistenţa la forfecare, unghiul de frecare interioară, coeziunea, compactarea, permeabilitatea, precum şi calităţile fizico-chimice ale tulburelii cu steril, viscozitatea, gelaţia, colmatarea, decantarea, conţinutul de reagenţi nocivi pentru a evalua gradul de poluare.

Proiectul trebuie să indice fazele de construcţie a digului şi utilajele respective — materialul de împrumut şi lucrările de consolidare; trebuie să conţină o analiză a stabilităţii digului ţinînd seama de seismicitate şi să prevadă dispozitive pentru evacuarea apelor provenite din precipitaţii, astfel ca să nu se producă debordări pe flancuri ceea ce ar cauza eroziunea acestora, precum şi poluarea zonei adiacente.

Proiectul trebuie să ţină seama de problemele ce derivă din natura sterilului, respectiv : autoinflamarea (cărbuni, pirite), aciditatea, radioactivitatea, agenţii externi — îngheţ-dezgheţ, eroziunea eoliană etc.

Proiectul trebuie să prevadă metodele şi mijloacele pentru recondiţionarea şi redarea în folosinţă a suprafeţei depozitului după încetarea exploatării.

Stadiul avansat al tehnologiei actuale şi strînsa colaborare între specialiştii de la prepararea mineralelor, geotehnicieni, constructori, electro-mecanici, îmbunătăţiri funciare, protecţia apelor şi mediului ambiant, oferă o bază adecvată pentru proiectarea şi construirea depozitelor de steril în condiţii optime.

2. Procedeul „Depunerea subacvatică dirijată şi sonda inversă"

a. **Principiul procedeului.** La instalaţiile de preparare a minereurilor sterilul cu apele reziduale se evacuează hidromecanic într-un iaz printr-o conductă de centură perforată şi prin jgheaburi de repartiţie. Prin „Depunerea subacvată dirijată" a sterilului se formează un sediment compact (digul de închidere a iazului), simultan cu limpezirea apei care se evacuează prin dispozitivul „Sondă inversă" în mod continuu în rîul receptor.

Înălţarea digului de închidere a iazului se realizează prin sedimentarea diferenţială a grăunţilor de steril, care descresc ca mărime de la periferie spre centrul iazului, iar prin pendularea jgheaburilor de repartiţie se realizează o „*stratificaţie încrucişată în solzi*" rezultînd un sediment cu textură compactă care asigură stabilitatea şi impermeabilitatea digului de centură şi a cuvetei iazului.

Scanned with OKEN Scanner

Scurtă privire asupra procedeului. La concepţia procedeului „Depunere subacvatică dirijată”[1] care asigură realizarea unui dig în condiţii tehnico-economice optime, s-a ajuns pe baza următoarelor consideraţii :

1) *Observaţiile directe din practica extracţiei cu pompe de fund a ţiţeiului împreună cu apa şi viiturile de nisip din zăcămînt, unde se constată aşa-zisa „sturuire”, adică depunerea compactă în pompă a nisipului antrenat de apa din zăcămînt.* Practica arată că extracţia ţiţeiului — cu ajutorul pompei de fund — din sondele care produc ţiţei cu un important conţinut de apă din zăcămînt este foarte frecvent stînjenită de viiturile de nisip din stratul productiv.

Acţiunea de pompaj are ca efect crearea unui aflux de lichid (ţiţei cu apă) care antrenează şi nisip din strat. Acest nisip este agitat în timpul pompajului şi parte din el se depune în spaţiul inelar dintre cilindrul exterior al pompei şi peretele interior al separatorului de gaze (în care este plasată pompa), cauzînd înnisiparea pompei.

Nisipul astfel depus este atît de compact, încît adeseori face imposibilă scoaterea pompei din separatorul de gaze, fără tăierea acestuia din urmă cu aparatul de sudură.

Această depunere de nisip sub apă în stare de agitaţie, denumită de sondori „sturuire este foarte frecventă în pomparea ţiţeiului.

2) *Cercetările „de visu” privind modul de formare a bancurilor de nisip din sedimentare subacvatică în estuarele supuse fluxului şi refluxului oceanului.* În estuarele active, de exemplu La Plata (în Argentina), care primeşte cantităţi considerabile de detritus (din Rio Parana), se poate observa o intensă sedimentare subacvatică în condiţii de accentuată agitaţie produsă de fluxul şi refluxul Oceanului Atlantic, care provoacă variaţii de nivel de cîţiva metri cu o periodicitate de cîteva ore. În acest mod se formează bancuri de nisip cu textură foarte compactă. Acelaşi lucru se petrece şi în Delta Dunării, cu deosebirea că lipsind fluxul şi refluxul, agitaţia este redusă.

3) *Observaţii întărite de cunoaşterea din fizica zăcămintelor de petrol şi din geologie a studiilor prin care s-a demonstrat experimental că o aceeaşi coloană de nisip dacă sedimentează (într-un cilindru) sub apă şi cu agitaţie prezintă o tasare de 11% faţă de sedimentaţia uscată, iar după ce este supusă la o presiune de 280 at se mai tasează suplimentar numai cu 2%, dînd o reducere totală de volum de 13%* [15]. Faptul că nisipul sedimentat sub apă, supus unei presiuni echivalente cu cea existentă pe fundul oceanului (la 2 800 m) nu se mai tasează decît cu 2%, învederează eficacitatea sedimentaţiei subacvatice.

---

[1] Procedeu preconizat în anul 1950 şi experimentat în staţia pilot.

Scanned with OKEN Scanner

4) *Tasarea nisipului sub apă datorită rearanjării grăunţilor ca un efect al agitaţiei.* Studiile asupra porozităţii nisipului arată că porozitatea unui nisip neconsolidat compus din grăunţi de formă sferică şi de aceeaşi mărime, este independentă de mărimea grăunţilor şi depinde în mod exclusiv de aranjamentul lor. Slichter arată prin calcul matematic că pentru grăunţi de formă sferică şi de acelaşi diametru, cu aranjamentul cel mai compact al grăunţilor, porozitatea este de 25,9% [12].

Aranjamentul cel mai puţin compact al grăunţilor reprezintă sistemul cel mai poros şi se numeşte aranjament cubic, iar aranjamentul cel mai compact reprezintă sistemul cu cea mai redusă porozitate şi este denumit aranjament romboedric.

În natură, grăunţii de nisip nu sînt uniformi ca mărime şi nici nu au formă absolut sferică (chiar cînd sînt rulaţi de ape curgătoare pe parcursuri lungi).

În special grăunţii rezultaţi de la şteampuri de mărimi diferite şi forme neregulate — unghiulare — în muchii cu tăişuri.

În mod obişnuit, datorită formei unghiulare şi variaţiei dimensiunilor grăunţilor, porozitatea nisipurilor va fi ceva mai mică decît valorile specificate pentru grăunţii sferici.

5) *Cunoaşterea din practica geologiei de şantier că prezenţa sedimentării încrucişate (cross-bedding) în probele de teren scoase prin carotajul mecanic marchează o formaţie compactă, dură şi impermeabilă.* Pentru a asigura bordurii (centurii periferice a iazului) o textură compactă, s-a preconizat sedimentarea încrucişată în solzi care se produce în timpul depunerii subacvatice prin alternarea nisipului de granulaţie fină cu nisip de granulaţie grosieră. Această alternare se obţine prin pendularea jgheaburilor de repartiţie (planşa III. 1).

6) *Cunoaşterea, din practica exploatării zăcămintelor de petrol, a acţiunii de colmatare a nisipurilor petrolifere de către noroiul de foraj care conţine substanţe coloidale*; colmatarea este atît de puternică, încît împiedică intrarea în producţie a stratului petrolifer cu toată presiunea zăcămîntului, impunînd înlăturarea tencuielii pereţilor găurii prin mijloace tehnice.

Pentru a investiga posibilităţile de colmatare pe care le oferă substanţele coloidale cu sterilul aflat în suspensie în apele reziduale, s-au efectuat în laboratorul Institutului de cercetări pentru foraj şi extracţie de la Cîmpina încercări de colmatare cu filtrul Baroid la 7 at, obţinîndu-se parametrii respectivi.

7) *Cunoaşterea din fizica zăcămintelor că valoarea coeziunii este influenţată de mărimea şi forma grăunţilor, compoziţia lor chimico-*

Scanned with OKEN Scanner

mineralogică (mărimea suprafețelor de contact pe unitățile de volum, concentrația potențialului electric pe aceste suprafețe) și grosimea filmului de apă adsorbită. Spațiul poros dintre grăunții de nisip grosier este ocupat de sedimentul cu granulație mai fină, ceea ce favorizează coeziunea. Cercetările efectuate au dovedit că de la un procent de 10% material mai fin decît 0,02 mm, coeziunea efectivă[1)], devine sensibilă. Coeziunea digului este sporită și de procesul de cimentare care este activ în formațiile sedimentare.

Procesul de cimentare a sedimentelor prin depunerea de substanțe aduse în soluție întărește sedimentul prin legarea particulelor într-o matrice. Cimentarea secundară implică precipitarea pe suprafețele grăunților de nisip și în interiorul spațiilor dintre grăunți a unor lianți conținuți în soluție. Lianții cei mai comuni sînt : calcarul, silicea, oxidul de fier etc.

Tasarea cu 11% mai mare decît la nisipul depus pe cale uscată, textura compactă obținută prin *„sedimentare încrucișată în solzi"* și posibilitățile de etanșare a digului de centură prin acțiunea de colmatare a substanțelor coloidale provenite din sterilul evacuat cu apele reziduale, au fost factorii determinanți care au dus la concepția procedeului tehnic bazat pe „Depunerea subacvatică" pentru realizarea bordurii de închidere a iazului de decantare din grăunții de steril aflați în apele reziduale.

8) *Preconizarea retragerii spre interiorul iazului a bordurii după un unghi de taluz bazat pe determinarea rezistenței sterilului la forfecare și a coeziunii (determinare făcută în laboratorul de geotehnică), pentru a asigura stabilitatea bordurii sau centurii periferice a iazului de decantare.*

9) *Studierea paralelismului dintre emulsiile existente în exploatarea țițeiului, formate din țiței cu apă de zăcămînt și emulsiile reziduurilor de la prepararea minereurilor formate de particulele coloidale din steril cu apele reziduale.* Pentru spargerea acestor emulsii și separarea apei de suspensiile solide, s-a preconizat vehicularea particulei reziduale printr-un hidroecran de o anumită grosime și lungime, armonizate în așa fel, încît să satisfacă caracteristicile intrinsece ale diferitelor tipuri de emulsii, astfel, ca după parcurgerea unei anumite traiectorii să se obțină o apă complet limpezită care să poată fi evacuată în rîu sau folosită din nou în instalația de preparare a minereurilor.

[1)] Coeziunea efectivă are un caracter permanent și este independentă de sarcina terenului. În afară de coeziunea efectivă mai există coeziunea aparentă care este datorită apei capilare.

Scanned with OKEN Scanner

10) *Preconizarea unui dispozitiv, denumit „Sondă inversă" pentru evacuarea apei limpezite din iazul de decantare, dipozitiv care se reglează astfel încît să asigure evacuarea, în mod continuu numai a apei limpezite, reţinînd în iaz partea tulbure şi mîlul* (v.planşa III.1).

Observaţie. Din armonizarea factorilor expuşi la punctele 1)... 10) a rezultat procedeul tehnic de „Depunere subacvatică dirijată", care asigură construirea hidromecanizată a digului de centură şi supraînălţarea lui din sterilul aflat în suspensie, simultan cu limpezirea şi evacuarea permanentă în circuit a apei din iaz prin dispozitivul „Sondă inversă". Procedeul se bazează în întregime pe parametrii determinaţi în mod ştiinţific în laboratoare de specialitate.

b. **Consideraţii cu privire la porozitatea sedimentelor.** Experienţele făcute de L.F. Athy [15] au arătat că nisipul sedimentat sub apă şi cu agitaţie formează o coloană cu o tasare de 11% în comparaţie cu aceeaşi cantitate de nisip sedimentată uscat. Acest surplus de tasare se datoreşte aranjării mai compacte a grăunţilor ca efect al agitaţiei.

Deoarece caracteristicile sedimentelor se întîlnesc, de obicei, numai în literatura de specialitate privind sectorul petrolifer, este necesar să se redea pe scurt noţiunile fundamentale pentru familiarizarea cititorilor din celelalte ramuri de activitate.

Caracterul porozităţii unui sediment în stare primară este determinat de aranjamentul şi de forma porilor (spaţiilor goale), de măsura în care sînt interconectate şi de distribuţia lor.

Porozitatea primară (sau intergranulară) [1] a sedimentului depinde în mare măsură de caracteristicile aranjamentului grăunţilor, care la rîndul lor depind în largă măsură de uniformitatea sau lipsa de uniformitate a mărimii grăunţilor.

Cu toate că variaţiile în caracteristicile de detaliu ale diferitelor sedimente sînt nelimitate ca număr, totuşi se poate obţine o imagine clară a structurii geometrice a unui sediment din examinarea aranjamentelor sferelor de mărime uniformă. Teoretic, aceste aranjamente sînt de asemenea infinite, dar cu toate acestea este suficient să comparăm două tipuri fundamentale extreme, şi anume aranjamentul cubic şi aranjamentul romboedric. Figura III. 5 arată comparaţia porozităţii în aranjamentul cubic al sferelor (fig. III. 5, *a*) cu porozitatea aranjamentului romboedric (fig. III. 5, *b*).

---

[1] Porozitatea primară (intergranulară sau originară) este porozitatea în starea iniţială cînd s-a depus sedimentul. Din modificarea porozităţii primare cauzată de soluţii, fracturări, fisurări, recristalizare şi dolomitizare, cimentare etc. rezultă porozitatea secundară.

Sedimentul obţinut prin depunerea subacvatică dirijată are porozitate primară; în text se va folosi însă numai termenul de porozitate.

În aranjamentul cubic, unghiul de intersecție a două grupe de rînduri în care sînt aranjați grăunții sferici este de 90°, iar în aranjamentul romboedric trei grupe de rînduri se intersectează după un unghi de 60° (există aranjamentul cu valori intermediare); trebuie precizat că sub denumirea de grup de rînduri se înțelege un

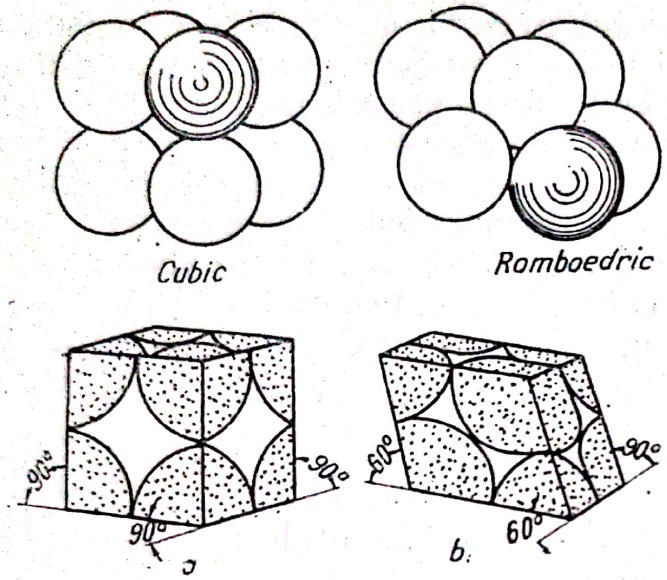


Fig. III. 5. Aranjamentul cubic și romboedric al sferelor și porozitatea (forma porilor) corespunzătoare aranjamentelor respective.

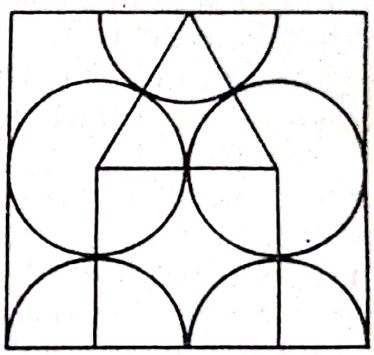


Fig. III.6. goluri triunghiulare și pătratice între sferele de aceeași mărime aranjate romboedric [55].

sistem de rînduri paralele formate din grăunți sferici, ale căror centre se găsesc într-un singur plan [16].

Porozitatea unui sediment compus din grăunți sferici de aceeași mărime se determină considerînd 8 sfere de diametru d, 4 așezate direct deasupra celorlalte 4. Dacă se consideră un cub cu colțurile în centrele celor 8 sfere, 1/8 din fiecare sferă este înăuntrul cubului. Volumul cubului este d^3. Volumul sferelor este $3{,}14\ d^3/6$ sau $0{,}524\ d^3$. Volumul porilor este $(1-0{,}524)\ d^3 = 0{,}476\ d^3$; porozitatea corespunzătoare este 47,6%. Acesta este aranjamentul cubic și reprezintă tipul cu maximum de porozitate.

Se deplasează o muchie a cubului pînă ce o sferă se așează în centru peste celelalte 4. Cubul devine un romboedru. Volumul său este $0{,}707\ d^3$, așa că volumul sferelor plus al porilor este tot $0{,}707\ d^3$. Cum volumul sferelor este $0{,}524\ d^3$, volumul porilor este $(0{,}707 - 0{,}524)d^3 = 0{,}183\ d^3$; porozitatea corespunzătoare este $\frac{183}{707} = 25.9\%$. Acesta este aranjamentul romboedric și reprezintă tipul cu minimum de porozitate.

Formele spaţiilor goale dintre sferele de mărime uniformă aranjate romboedric sînt triunghiulare şi pătratice (fig. III. 6).

Suprafaţa secţiunii spaţiilor goale triunghiulare este 0,0403 d^2, iar a celor pătratice este 0,214 d^2 după P. J. Jones [55] sau 0,161 r^2, respectiv 0,858 r^2 după M. Muskat [57]; acestea reprezintă un minimum al suprafeţelor secţiunilor porilor în aranjamentul romboedric, respectiv pătratic [62].

Suprafaţa secţiunii spaţiilor goale pătratice este de 5,3 ori mai mare decît a celor triunghiulare.

Media suprafeţii secţiunii spaţiilor dintre sferele de mărime uniformă aranjate romboedric este 0,074 d^2 [55].

Lungimea traseului sinuos în pori este de 1,3 ori mai mare decît distanţa în linie dreaptă dusă într-o direcţie fixă [58].

Numărul n de sfere uniforme, de diametru d, pe unitatea de volum de sediment, avînd porozitatea p, este exprimat prin :

$$n = 1{,}91 \frac{1-p}{d^3}.$$

Dacă sferele uniforme aranjate romboedric ar fi separate printr-o distanţă x, exprimată ca o fracţiune a diametrelor particulelor, porozitatea obţinută va fi :

$$p = 1 - 0{,}74 \left(\frac{1}{1+x}\right)^3.$$

Dacă dizolvarea particulelor în punctele de contact reduce distanţa între centrele particulelor sau dacă distanţa între centrele particulelor rămîne constantă dar cimentarea măreşte diametrele particulelor cu excepţia punctelor de contact porozitatea obţinută este dată de relaţia :

$$p = 1 - 0{,}74 \left(\frac{1}{1-x}\right)^3.$$

în care x este reducerea efectivă în distanţă între centrele particulelor.

Pentru exemplificare să presupunem că cimentarea, sau dizolvarea particulelor în punctele de contact reduce distanţa efectivă între centrele particulelor cu 5%. Porozitatea obţinută va fi de ordinul a :

$$p = 1 - 0{,}74 \left(\frac{1}{0{,}95}\right)^3 = 13{,}5\%.$$

Scanned with OKEN Scanner

În consecinţă, o micşorare cu 5% a distanţei efective dintre sferele uniforme aranjate romboedric, reduce porozitatea de la circa 26 la 13,5% Aceasta reprezintă o mişcorare a porozităţii de aproape 50%. Exemplul acesta scoate în evidenţă importanţa caracteristicilor sedimentului.

Dacă toţi grăunţii ar fi perfect sferici şi de acelaşi diametru, porozitatea ar varia de la 46,7%, dacă sferele ar fi aranjate în sistemul cubic, pînă la 25,9% dacă sferele ar fi aranjate în sistemul romboedric, media ei fiind de 36,7 [55].

Teoretic, porozitatea agregatelor sferelor, cu acelaşi mod de aranjare, este independentă de mărimea sferelor, cu condiţia ca acestea să fie toate de aceeaşi mărime. Astfel, un sediment compus din grăunţi mari, uniformi şi rotunzi, va avea aceeaşi porozitate cu alt sediment compus din grăunţi mici, uniformi şi rotunzi, dacă aranjamentul grăunţilor este acelaşi în ambele sedimente [62].

Grăunţii din rocile clastice foarte fine sînt în general mai puţin rotunjiţi decît grăunţii din materiale mai grosiere, pentru că agenţii naturali care produc rotunjirea au o acţiune mai redusă asupra particulelor foarte mici [62].

În rocile cu grăunţi de mărime uniformă, porozitatea este cu atît mai mare cu cît grăunţii sînt mai mici; acest efect este datorit unor factori, ca frecarea, adeziunea şi podirea, care sînt mai mari la grăunţii mai mici din cauza raportului mai ridicat dintre aria suprafeţei şi dintre volumul şi masa rocii. Forma particulelor rocii clastice în mod obişnuit trece de la rotund prin unghiular la solz, ca mica, iar ca mărime — de la grosier la fin sau chiar la coloidal. Şi aici există cantităţi de material cu largi variaţii de cimentare între grăunţii individuali. De aceea, porozitatea în roca clastică obişnuită este efectul combinat al multor variabile, cum ar fi: mărimea particulei, forma particulei, sortarea, aranjarea, caracterul şi cantitatea de material de cimentare. Porozitatea se reduce vertiginos prin adăugare de mase aglomerate fine, care umplu interstiţiile grăunţilor [62].

Concluzii. În depunerile de sediment provenit de la prepararea minereurilor sau din lucrările de hidromecanizare, ca şi în rocile sedimentare „in situ", nu se întîlneşte o uniformitate deplină a mărimii grăunţilor. Structura lor este mult mai complicată decît ar putea fi formată prin aranjamentele sferelor de mărime uniformă, pentru că sînt constituite din grăunţi care nu sînt nici sferici şi nici de aceeaşi mărime.

Sedimentul depus ocupă un spaţiu minim, fiindcă în procesul de sedimentare acţiunea curenţilor agită particulele şi înlesneşte

Scanned with OKEN Scanner

combinaţia cea mai adecvată a diferitelor mărimi şi forme de grăunţi, petru formarea celui mai compact aranjament posibil.

Sterilul provenit din minereul măcinat în mori, cu grăunţii bine rotunjiţi şi sortaţi, este cel mai adecvat pentru realizarea unui sediment cu structura cea mai apropiată de omogenitate din punct de vedere al mărimii şi uniformităţii grăunţilor (în natură se observă o uniformitate structurală la rocile clastice formate din oolite).

Sterilul provenit de la şteampuri are grăunţi de mărimi diferite şi cu forme neregulate (unghiulare) cu muchii şi tăişuri. În general, din cauza unghiularităţii şi a variaţiei mărimii grăunţilor, porozitatea acestui sediment va fi ceva mai redusă decît valorile specificate pentru particulele sferice de aceeaşi mărime.

Porii formaţi între grăunţii mai mari sînt umpluţi cu grăunţi mai mici, sau cu mase aglomerate care la rîndul lor sînt compuse din particule granulare foarte fine, care reprezintă circa 2/3 din totalul grăunţilor.

c. **Stratificaţia încrucişată.** Din geologia de teren se cunoaşte că ivirile la zi a anumitor formaţiuni prezintă unele alternanţe de nisipuri lamelare curmezişe faţă de stratificaţia de deasupra şi de dedesubt şi cu granulaţie diferită. S-a constatat că acolo unde formaţiunea prezintă această stratificaţie încrucişată, textura sedimentului este mai compactă şi nisipul constituie un banc bine consolidat. Acelaşi nisip, urmărit pe direcţia stratificaţiei normale din afloriment, se întîlneşte în stare mai puţin consolidată, sau chiar friabil, acolo unde nu mai există acele alternanţe în granulaţie.

Stratificaţia încrucişată este abundent exemplificată în nisipurile sarmaţianului şi a fost relevată în „Studiul structurii Bereslogi-Dealu Mare" [58].

De asemenea, din practica geologiei de şantier, s-a observat că acolo unde formaţiile prezintă o sedimentare încrucişată, ele au o textură foarte compactă şi sînt practic impermeabile, neconţinînd decît urme (pete) de ţiţei, aşa cum s-a învederat prin probele de teren scoase cu carotiere mecanice pentru studierea acumulărilor de ţiţei şi gaze în structurile Comadoro Rivadavia şi Lagunillas [63, 64 şi 65].

În depunerile de nisipuri, unele strate prezintă laminări oblice faţă de stratificaţia normală. Această structură este definită în geologie drept stratificaţie încrucişată sau stratificaţie falsă şi este formată prin acţiunea curenţilor, cauzată fie de vînt, fie de apă. În unele cazuri este produsă de acţiunea valurilor.

Stratificaţia încrucişată se produce numai în depuneri granulare şi este întîlnită în sedimentele curenţilor marini, în delte, în

Scanned with OKEN Scanner

terasele de nisipuri din rîuri, în depunerile torențiale, în bancurile de nisip și în depunerile eoliene (dune). De asemenea, ripplemarks-urile sînt varietăți de stratificație încrucișată, indiferent dacă au fost produse de curenți sau de valuri.

Metodica formării și varietățile de stratificație încrucișată sînt studiate în geologia de teren [59], din care se vor cita în continuare tipurile cele mai reprezentative, cu descrierile respective [166].

După modul de formare, se disting următoarele tipuri de stratificație încrucișată : *deltaică*, *torențială*, *subacvatică* (în terasa de rîu), *construită de valuri* (în plaja de lac și marină) și *eoliană*.

1) *Stratificația încrucișată deltaică* : la structura deltaică întretăierea depunerilor lamelare curmezișe *b* cu depunerile din acoperiș *a* și cu cele din talpă *c* este foarte clară (fig. III. 7).

Prin schimbările care se produc în curentul de apă, cum ar fi : creșterea debitului solid, schimbarea cursului, creșterea debitului apei sau prin variația nivelului apei în mare sau în lac, se produce o stratificație curmezișă compusă (fig. III. 8) ; în sedimentele recente ale acestei varietăți lamelele curmezișe au extremitățile superioare trunchiate și sînt acoperite de noi strate de natură asemănătoare care înclină în aceeași sau în altă direcție.

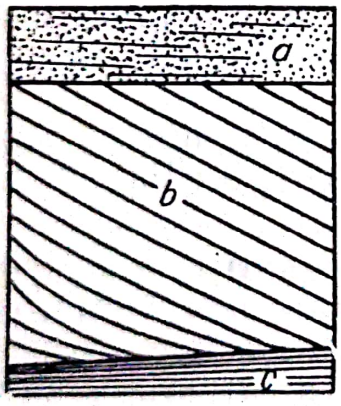


Fig. III. 7. Secțiune verticală prin depozitele unei delte [59] :
a – depuneri în acoperiș ;
b – depuneri în curmeziș ;
c – depuneri în talpă.

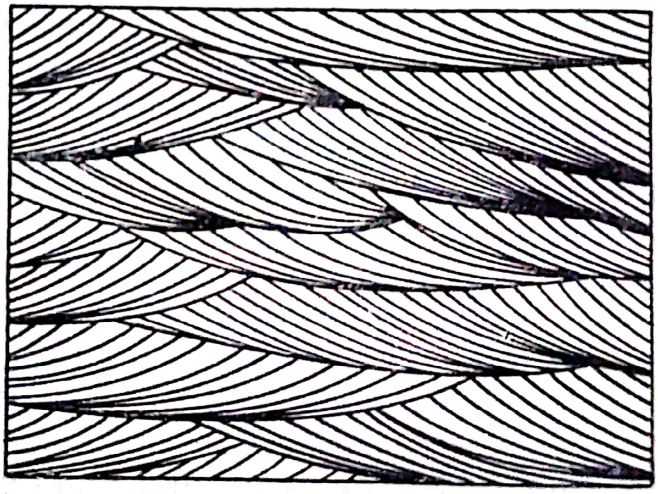


Fig. III. 8. Stratificație curmezișă compusă [59]. Fiecare pachet de lamele este trunchiat de pachetul următor care-l acoperă. Dimensiunile blocului sînt 1,00 × 1,25 m.

Un tip de stratificare încrucișată rar întîlnit este acela în care nu intervine eroziunea (fig. III. 9).

O altă varietate de stratificație curmezișă este cea reprezentată în fig. III. 10, în care pachetele succesive sînt delimitate la acoperiș

Scanned with OKEN Scanner

și la talpă prin plane vădit paralele; aceasta face ca pachetele lamelare curmezișe să fie tabulare, cu toate că în aceste pachete se observă schimbări de înclinație și direcție.

2) *Stratificația încrucișată torențială*: în depunerile torențiale se întîlnesc strate lamelare orizontale din material fin, alternînd

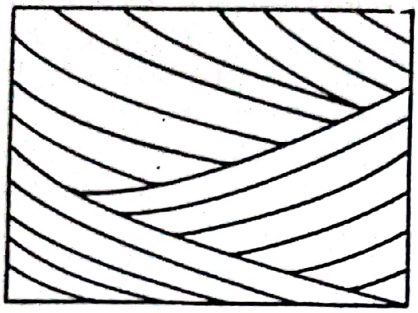


Fig. III. 9. Pachete curmezișe depuse peste pachetele de dedesubt fără ca acestea din urmă să fi fost în prealabil supuse eroziunii [59].

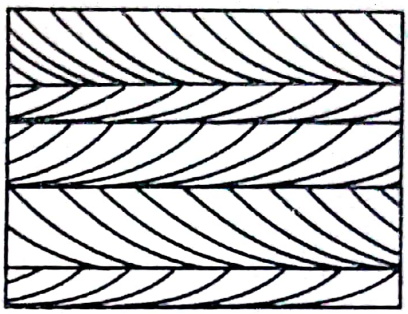


Fig. III. 10. Pachete tabulare de lamele sedimentate curmeziș [59].

cu sedimente din material grosier care prezintă stratificație încrucișată uniformă. În fig. III.11 și III.12 sînt reprezentate două varietăți de stratificație încrucișată torențială; atît deasupra, cît și dedesubt, întretăierea pachetelor curmezișe (alcătuite din material grosier) cu stratele lamelare orizontale (alcătuite din sediment fin) are loc sub un unghi scuțit.

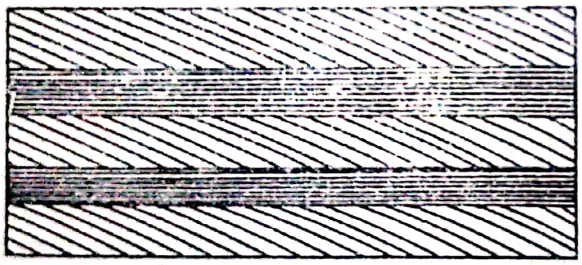


Fig. III. 11. Stratificație încrucișată torențială [59].

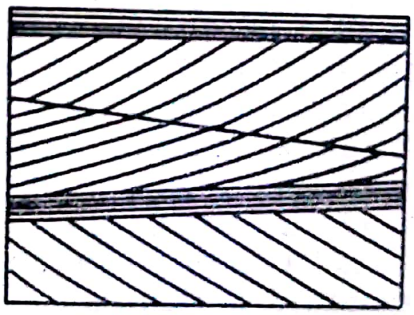


Fig. III. 12. Varietate de stratificație încrucișată torențială [59].

În decursul depunerii fiecărei lamele, grăunții mai mari (sau mai grei) se rostogolesc pe pantă în jos, producînd concentrații la extremitățile de jos ale lamelei înclinate.

Tipului acesta de stratificație i se atribuie **o origină cu ambianță deșertică**, cu acțiune abundentă de vînturi, cu ploi de mare intensi-

tate și cu depunere plajă-lac (lagunară). După ce curenții de alimentare din apele lagunei s-au domolit, materialele aflate în suspensie se depun formînd stratele orizontale; formarea de strate încrucișate înaintează datorită curenților temporari acolo unde ei debușează în lagună.

3) *Alte tipuri de stratificație curmezișă în depozitele depuse subacvatic* (59): stratificația încrucișată din varietatea „curmezișă" este adeseori întîlnită în lentilele de nisip. În procesul de formare al unei terase de rîu, materialele sînt aduse peste terasă și depuse pe partea frontală a ei sau pe flancul dinspre rîu. Diferite canale și adîncituri, care au devenit inactive, se umplu prin depunerea nisipului în strate curmezișe succesive în mod similar cu formarea unei delte normale; în profilul terasei se pot observa stratele curmezișe.

Sub acțiunea curenților de-a lungul malului se formează diguri în formă de spice; de aceea stratificația rezultată este curmezișă ca tip.

Pe fundul lacurilor sau mărilor, sub acțiunea curenților, se produce o stratificație curmezișă minoră, însă aceasta nu constituie o trăsătură caracteristică sedimentelor depuse acolo.

De asemenea și în calcare s-a întîlnit stratificația curmezișă. Prezența stratificației curmezișă în bancurile calcaroase, este dovada că acestea au fost depuse ca material granular care s-a recristalizat devenind dens; de asemenea, în sedimentele neconsolidate, rar se întîlnește o stratificație încrucișată cu o astfel de origină.

4) *Stratificație încrucișată construită de valuri* (59): este cunoscut faptul că plajele lacurilor și ale mărilor sînt construite în cea mai mare măsură de valuri. Nisipul sau pietrișul este aruncat deasupra, strat peste strat și plaja se dezvoltă astfel către apă.

Deoarece panta și profilul unei plaje depind în special de tăria valurilor și întrucît stratificația și suprafața unei plaje în dezvoltare sînt paralele, rezultă că variațiile în eficiența valurilor poate produce ușoare variații în structura sedimentului.

Ca trăsături caracteristice se menționează înclinarea foarte pronunțată a stratelor plajei, precum și faptul că aceste strate se întretaie cu alt grup de strate depuse în unghiuri diferite.

Structura de plajă este diferită de stratificația curmezișă. Lamelele au unghiuri de înclinare mai mici decît unghiurile obișnuite de repaus, iar grupele adiacente de lamele formează între ele unghiuri care în general au numai cîteva grade.

În materialele neconsolidate, stratificația încrucișată este rareori întîlnită; ea se produce de regulă pe partea din afară a bancurilor de nisip și este greu de distins în pietrișuri, unde aranjamentul pietricelelor poate face impresia unei structuri amestecate.

Scanned with OKEN Scanner

Izbiturile gheţii produc o structură mai puţin regulată şi mai abruptă, diferită de stratificaţia curmezişă.

Bancurile de nisip care sînt mai înalte decît nivelul valurilor au origină eoliană; marginile lor interioare se formează din depunerile nisipului suflat de vînt în apropierea lagunei.

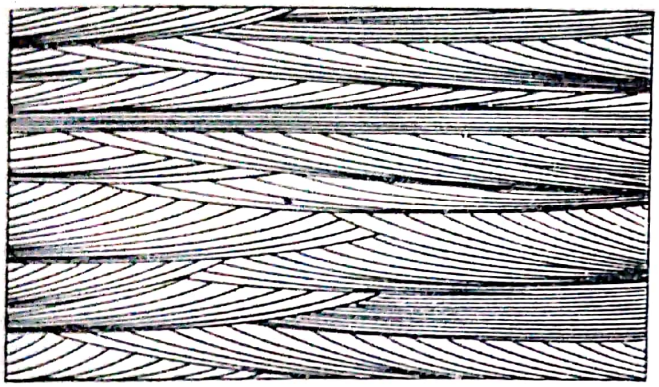


Fig. III.13, Stratificaţie încrucişată eoliană [59].

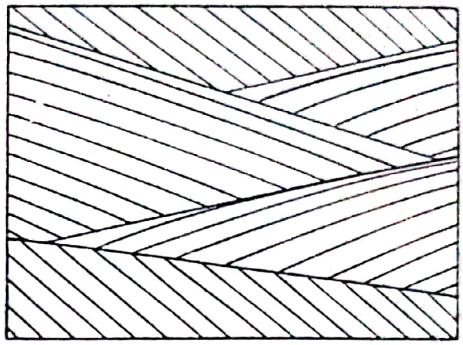


Fig. III. 14. Pachete de lamele curmezişe, în formă de pană, care înclină în direcţii variate [59].

5) *Stratificaţia încrucişată eoliană*: stratificaţia încrucişată de construcţie eoliană este marcată printr-o extremă neuniformitate (fig. III. 13). Aceasta se datoreşte variatelor schimbări ale direcţiei vînturilor şi frecventelor alternări de degradare şi depunere.

Depunerile de nisip pot avea structuri foarte complexe (fig. III. 14). Pachetele de lamele încrucişate pot fi în formă de pană, cu lamelele diferitelor pachete înclinînd în diferite direcţii. Trebuie multă atenţie pentru a deosebi structura încrucişată eoliană de structura deltaică compusă şi de structura încrucişată construită de valuri.

6) *Comparaţia tipurilor de stratificaţie încrucişată*: examinarea atentă a tipurilor de stratificaţie încrucişată, descrise mai înainte, arată că cele mai multe varietăţi pot fi grupate în trei clase sau unităţi, după aranjamentul pachetelor lamelelor încrucişate, astfel: tabular (v. fig. III.7, III.10 şi III.11), lenticular (v. fig. III.8, III.9 şi III. 10) şi pană (fig. III. 14). Figura III. 12 este o combinaţie între aranjamentele tabulare şi pană.

7) *Variaţia transversală în textura pachetului de strate şi lamele*: uneori se întîlnesc strate individuale, al căror material a fost transportat de vînt sau de curenţii de apă, care trec gradat de la granulaţie grosieră la bază, la granulaţie fină deasupra. Tranziţia este destul de netă între partea fină a oricărui strat şi partea de jos cu granulaţie grosieră a următorului strat suprapus. Aceasta se

Scanned with OKEN Scanner

datorește faptului că viteza (sau volumul) și ca atare intensitatea de transport a unui curent, crește în general mult mai repede decît descrește. Creșterea poate fi așa de bruscă încît cauzează o oarecare eroziune locală.

Același gen de variație, de la grosier dedesubt la fin deasupra, poate fi văzută în lamelele subțiri din depunerile apelor liniștite.

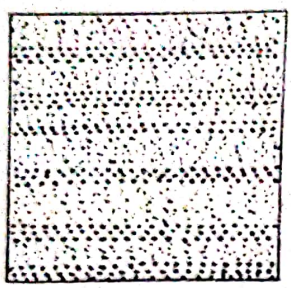


Fig. III. 15. Secțiune printr-o gresie cu lamele fine, ilustrînd gradația în textura lamelară individuală [59].

Referitor la lamelele depuse în apă, fie că agentul de transport a fost vîntul sau curentul de apă, după fiecare viitură de praf, noroi sau mîl, grăunții mai mari au căzut la fund înaintea celor mici. La prima ocazie cînd apa a devenit turbidă, grăunții mari s-au depus peste cele mai fine particule ale stratului depus la urmă (fig. III.15).

S-a constatat că această alternanță de material fin cu material grosier dă un sediment cu textură foarte compactă.

8) *Stratificația încrucișată „în solzi"*: din studiul diverselor tipuri de stratificație încrucișată produse de agenții naturali (curenți, valuri, vînturi) al căror mecanism de formare a fost descris mai înainte, **s-a ajuns la concepția stratificației încrucișate în solzi și s-a propus realizarea ei într-o instalație de decantare prin pendularea jgheaburilor de repartiție a sterilului din tulbureală provenit de la prepararea minereurilor (fig. III. 16).**

C. METODE DE CONSTRUIRE A DIGULUI ȘI DEPOZITAREA STERILULUI

Tulbureala este în general transportată de la uzina de preparare la locul de depozitare prin conductă sau jgheab. De regulă se folosesc **două metode de separare granulometrică** [17]:

1) *Prima metodă* constă în deversarea tulburelii repartizînd-o pe suprafața de depozitare. Prin aceasta se formează o plajă care se înclină lin—spre interior — pe care fracțiunile mai grosiere se depun aproape de punctul de deversare, iar fracțiunile mai fine se depun progresiv spre centru.

Ca rezultat al acestei diferențieri treptate, densitatea, rezistența la forfecare și permeabilitatea sedimentului depus descrește pe măsură ce crește distanța de la punctul de deversare. Întrucît șlamurile au

Scanned with OKEN Scanner

permeabilitate redusă și opresc infiltrațiile prin dig, se obișnuește să se deverseze tulbureala cu steril peste flancul digului.

2) *A doua metodă* folosită în mod curent pentru separare este folosirea hidrocicloanelor. Cu ajutorul acestora se obține o separare

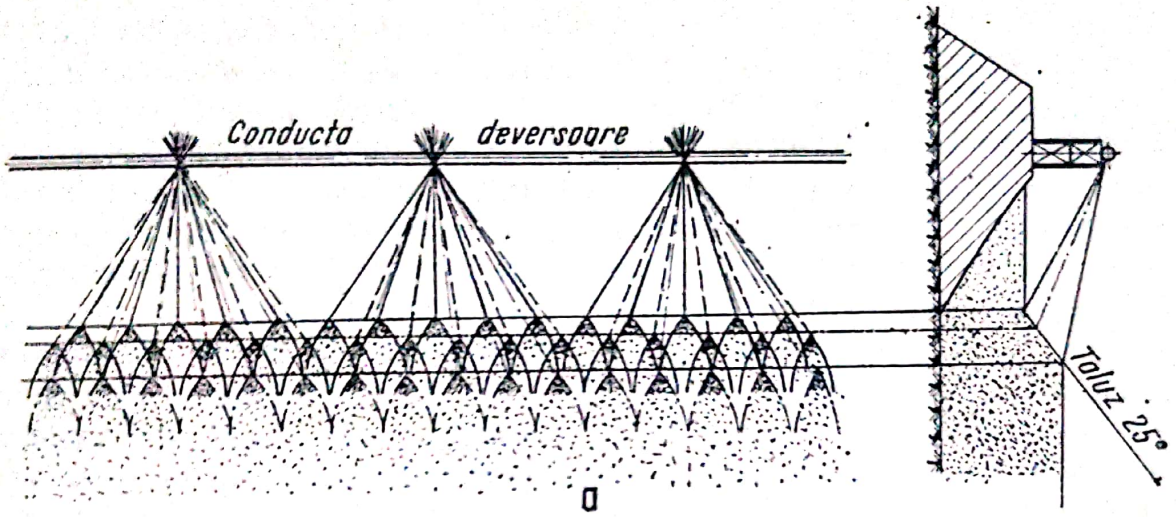


Fig. III. 16. Stratificație încrucișată [114]:
a — în solzi; *b* — secțiune prin sedimentul depus subacvatic la Capnic. Structură solziformă cu textură lamelară.

granulometrică cu 10—20% particule care trec prin sita 200 — aceasta variind în funcție de finețea de măcinare, dimensiunea cicloanelor și debitul de ciclonare. Dacă este necesară o granulație mai grosieră, a doua ciclonare va reduce conținutul fracțiunilor fine.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se folosește sterilul pentru construirea digului se aplică în mod obișnuit trei metode: 1) *înălțarea digului, cu retragerea taluzului în amonte*; 2) *înălțarea digului cu retragerea în aval*; 3) *înălțarea digului pe linia de centru* (*verticală*), (fig. III. 17, *a*, *b*, *c*).

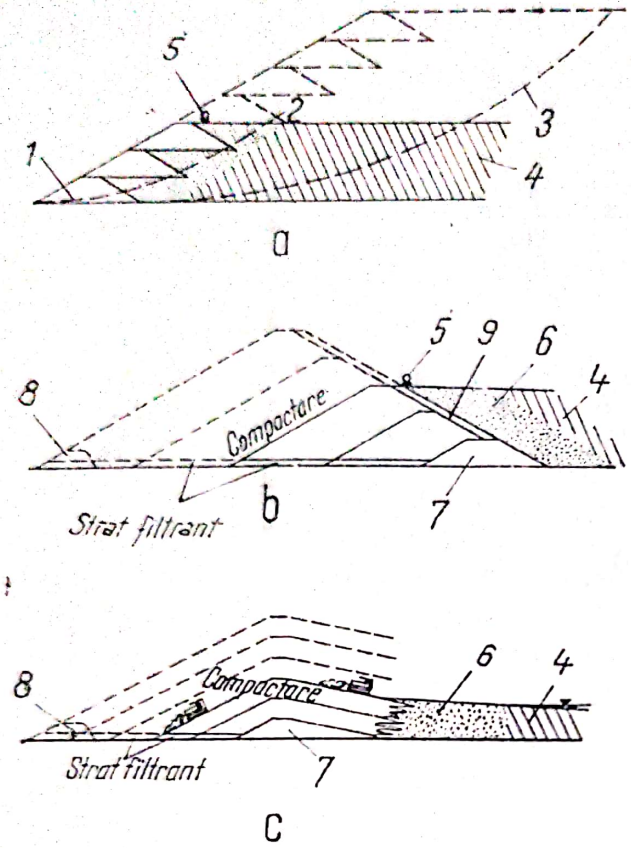


Fig. III. 17. Metode de construirea digului din steril [17]:

a — înălțarea digului, cu retragerea taluzului în amonte; *b* — înălțarea digului cu retragerea taluzului în aval; *c* — înălțarea digului pe linia de centru; *1* — dig de amorsare — filtrant; *2* — suprafața critică de alunecare pentru diguri joase; *3* — suprafața critică de alunecare pentru diguri înalte; *4* — șlam; *5* — conductă deversoare; *6* — nisip; *7* — dig impermeabil de amorsare; *8* — dren din bolovani la piciorul final al taluzului.

1) *Metoda înălțării digului cu retragerea taluzului în amonte.* La această metodă se folosește *un dig de amorsare* construit la piciorul din aval al depozitului. Este esențial ca acest dig inițial să fie suficient de permeabil ca să permită drenarea apei exfiltrate dar să reziste la afuiere.

Tulbureala este apoi deversată de pe digul de amorsare prin robinete sau cicloane, formîndu-se astfel un dig compus din fracțiunea grosieră. Punctul de deversare este deplasat spre interiorul iazului pe măsură ce crește înălțimea digului (fig.III.17,*a*). Piciorul din aval al fiecărui tronson de dig urmează, se reazemă și se suprapune peste tronsonul precedent, iar porțiunea din amonte a noului tron- este așezată peste o fracțiune de steril de granulație mai fină.

Aceste sedimente, depuse hidraulic, au o rezistență la forfecare relativ scăzută.

Investigarea stabilității unui dig din steril în Filipine a arătat o valoare medie corespunzătoare sedimentelor afînate [18]. Pe măsură ce crește înălțimea digului, suprafața critică de alunecare se situează la o distanță mereu mai mare de la taluz (fig. III. 17, *a*) și intersectează sedimentul cu fracțiuni fine. Aceasta poate conduce la un factor de siguranță egal cu unitatea cînd digul va ceda.

Acolo unde se folosește metoda înălțării digului cu retragerea taluzului în amonte, *digul și sedimentele reținute pot fi atît de neconsolidate, încît structura ar putea să cedeze prin lichefiere dacă este supusă la un șoc seismic. Vibrația tinde să cauzeze transmiterea greutății* (*sarcinii litostatice*) *prin apa din pori, ceea ce reduce rezistența la*

Scanned with OKEN Scanner

forfecare a sedimentului. Rezistența la forfecare poate fi redusă pînă aproape de zro, astfel încît digul se prăbușește și curge.

Sedimentul lichefiat de la accidentul din El Cobre (Chile) a curs pe o distanță de 11 km. Vibrația poate fi provocată de cutremure, dinamitări, trenuri, camioane grele etc.

Chiar taluzele cu pantă mică — în aval — nu asigură stabilitate cu privire la lichefiere. Unul din digurile de la El Cobre care s-a prăbușit avea un taluz—în aval—de numai 15^0 (aproximativ 4 : 1).

2) *Metoda de înălțare a digului cu retragerea taluzului în aval* (fig. III. 17, *b*). La această metoda este necesar de asemenea un dig de amorsare. Acesta trebuie să fie impermeabil ca să reducă la minimum infiltrațiile prin dig; de aceea este construit din material de împrumut care are un conținut substanțial de argilă.

Fiecare treaptă de dig care urmează este suprapusă și reazemă pe flancul tronsonului precedent. Dacă pentru construirea treptei respective se folosește sterilul, atunci se utilizează numai fracțiunea grosieră. Înaintea fiecărei extensiuni în aval, se execută în prealabil un sistem de drenuri, sau un strat permeabil de cel puțin 1 m grosime, care să înlăture posibilitatea reducerii rezistenței la forfecare ca efect al apei reținută în pori.

Dacă digul este amplasat într-o zonă de seismicitate pronunțată, sau dacă înălțimea depășește circa 15 m, treptele de extindere în aval *trebuie compactate*.

Constatările din experiență indică în mod convergent că pentru a minimaliza riscul lichefierii este necesară realizarea unei densități relative de 60%; aceasta este echivalentă cu 95% din densitatea ASTM-D1557.

* * *

Unele proiecte recente de construirea digurilor au recomandat folosirea sterilului ciclonat, dar necompactat, pentru înălțarea digului cu retragere în aval cu taluzuri între 4 :1 și 5 :1. Aceasta nu este o practică bună.

In primul rînd, este de ajuns ca strate subțiri din corpul digului să devină saturate, sau aproape saturate, pentru ca să se lichefieze.

În deversarea hidraulică continuă, prezența zonelor de saturație este inerentă. Este suficientă o ploaie moderată ca să dezvolte zone saturate în corpul unui depozit de steril consolidat — abandonat. Studiile făcute după cutremurul de la Anchorage au indicat numeroase alunecări de-a lungul unei zone granulare avariată, care s-a lichefiat [23].

Scanned with OKEN Scanner

In al doilea rînd, fracţiunea ciclonată conţine de regulă 10 — 20% particule de finețea mîlului, care migrează în jos prin nisip şi tind să înfunde filtrele şi să reducă permeabilitatea zonei de la piciorul digului.

In al treilea rînd, Goodman [24] a arătat că şi flancurile de nisip uscat, dar neconsolidat pot de asemenea să se lichefieze şi să curgă. În acest caz, adîncimea la care se produce curgerea — fluajul — este mai mică decît cea la care are loc curgerea sedimentului saturat cu apă.

Cu toate acestea avaria poate fi destul de adîncă, pentru ca, coronamentul digului să coboare îndeajuns ca să prilejuiască debordarea apei, producînd avarierea rapidă a depozitului.

* * *

Sterilul grosier poate fi adus pe conductă şi distribuit în strate subţiri pe dig, sau poate fi adus dintr-un depozit central (obţinut prin ciclonare), împrăştiat şi compactat. Costul compactării nu este atît de mare cît ar fi de aşteptat, deoarece se pot folosi taluze abrupte —*cu retragere în aval*—reducîndu-se considerabil volumul digului [25].

Dacă volumul de steril grosier nu este suficient pentru construirea digului, materialele din apropiere pot fi încorporate în dig. Pentru a evita exfiltraţia se colmatează taluzul din amonte cu materiale impermeabile.

3) *Metoda de înălţare a digului pe linia de centru* (*verticală*): coronamentul digului este menţinut în poziţie orizontală în decursul înălţării, care se obţine prin împrăştierea şi compactarea sterilului grosier adăugat atît pe coronament, cît şi pe taluzul din aval şi pe flancul din amonte. Este necesară o fracţiune de steril grosier ca să asigure o drenare rapidă a apei spre a permite deplasarea utilajului de construcţie (fig. III. 17, *c*).

Cu excepţia digurilor mici, sterilul depus pe flancul din aval trebuie întotdeauna compactat. Unul din cele mai importante criterii pentru a asugura stabilitatea acestor diguri este de a crea maximum de stabilitate în zonele piciorului şi flancului din aval. Dacă această zonă este afînată, presiunea laterală care creşte prin sporirea sarcinii litostatice — a depunerilor — poate genera o solicitare laterală suficientă pentru a slăbi baza corpului principal a digului. Flancul din amonte trebuie de asemenea compactat pe porţiunea de lîngă coronament, deoarece şlamurile depuse pe acest flanc se pot lichefia, producînd avarierea flancului dinspre iaz; aceste degradări pot coborî nivelul coronamentului prilejuind astfel debordări, ducînd la spălarea digului.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemul de evacuare a sterilului și caracteristicile depozitului — Climax[1] Molybdenum Company Empire, Colorado, Frank Windolph [17]. Depozitul este amplasat între văi de munte, cu versanți repezi, la 3 400 m altitudine, cu ierni aspre. Fundament impermeabil; în ultimii 25 ani s-au urmărit asigurarea stabilității digului și controlul evacuării apelor din precipitații, spre a evita spălarea digului. Nivelul apei în iaz este ținut mult sub coronamentul digului. Suprafața foarte mare permite decantarea. Coloanele verticale de evacuare au fantele (șlițurile) expuse la soare, pentru iarnă. Apa este evacuată prin gravitație și cu pompe de recircuitare, montate pe pontoane mobile.

Construcția digului cu mașină încărcătoare (berme de 1,50 m înălțime), se face numai în perioada iunie — octombrie; sterilul este deversat în spatele bermei prin conducte cu diametrul de 6″ (v. fig. III.18, *b*); cînd se umple cu steril se reia construcția bermei; sterilul depozitat este relativ grosier 5% +35 (in situ) și drenează ușor; după o pauză de o săptămînă suportă circulația mașinii încărcătoare.

La finele verii se execută ramificații de mare diametru și 70,00 m lungime, care preiau pe rînd tulbureala iarna din conducta de aducțiune; întregul debit de tulbureală este deversat printr-o singură ramificație la 70,00 m depărtare de coronamentul digului și cînd zona respectivă este umplută cu steril, se deschide altă ramificație. Acest procedeu reduce la minimum efectele înghețului, iar nisipul grosier depus acolo ameliorează drenarea apei. Conducta de aducțiune este ridicată pe dig în trepte, din 7,00 în 7,00 m după înălțarea digului (fig. III.18, *a*, *b*).

Digul cu retragerea taluzului în amonte are o pantă de 4 : 1 (taluzul exterior) pînă la 33,00 m de la bază și 3 : 1 în partea superioară; această formă de terasă diminuează eroziunea taluzului exterior la ploi torențiale sau debordări accidentale.

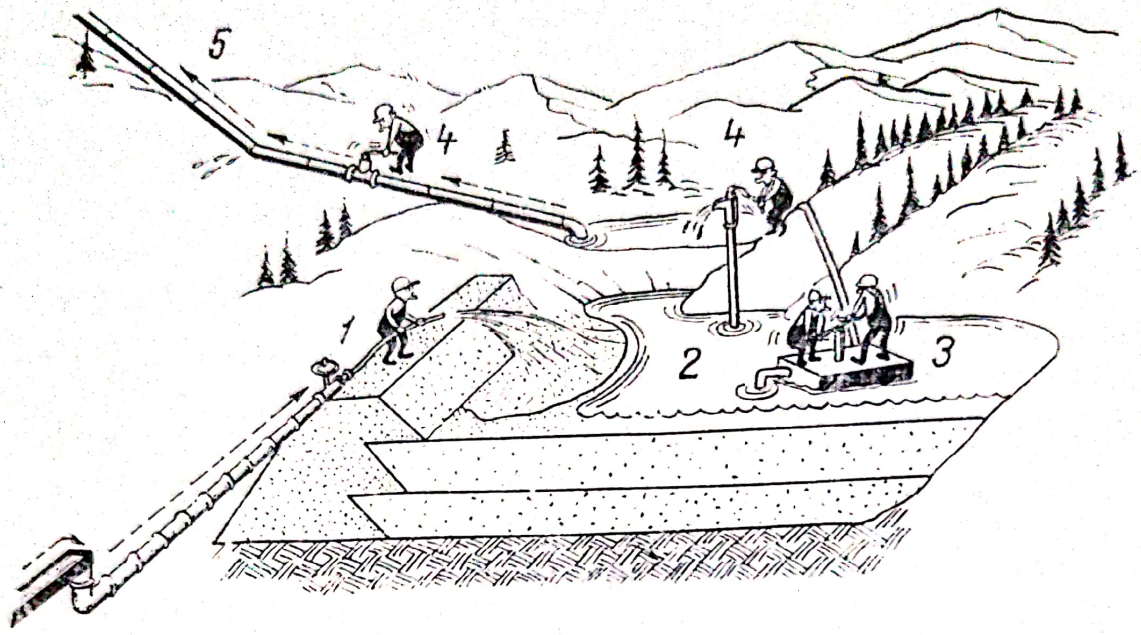
Prin plasarea unei cutii de decantare în linia de distribuție se obține o îngroșare a materialului (din care se înalță digul) de la 30 la 45% solid; părțile fine din partea de sus a cutiei se descarcă în incinta iazului.

Încercările de penetrare Standard (în foraje), ca și determinările pe eșantioanele din puțuri de mînă, indică materiale din clasa mediu spre dens, fără a marca zone cu material afînat. Granulometric, materialul prezintă o moderată diferențiere de la nisip fin la foarte fin prăfos fără conținut de argilă, din care cauză este considerat fără coeziune. Forajele executate la 230,00 m distanță de dig nu au indicat

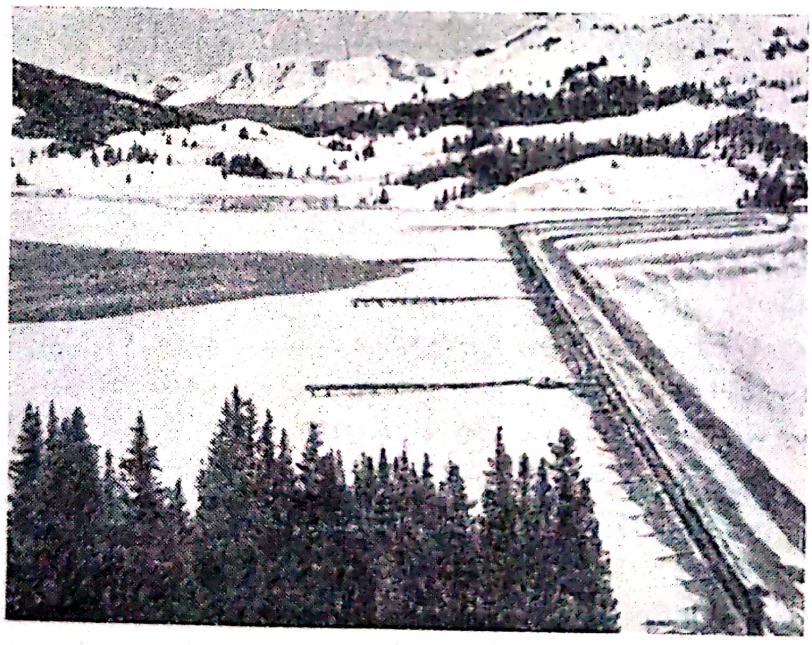
[1] În martie 1968 am vizitat aceast complex minier.

Scanned with OKEN Scanner

tendința de sporire a gradului de finețe nici pe verticală și nici înspre centrul iazului.



a



b

Fig. III. 18. Sistemul de evacuare-decantare a sterilului și recircuitarea apei Climax Molybden Comp.-Colorado [17]:
a – schemă; *1* – dig; *2* – iaz; *3* – pompă pe ponton; *4* – pompe; *5* – conductă de recircuitare; *b* – vedere.

Documentația elaborată conține rezultatele investigațiilor cu privire la stabilitatea actualului contur al versantului digului, rezistența la forfecare a materialului din dig, de sub dig și din depozitul

Scanned with OKEN Scanner

de steril, precum şi presiunea apei din pori în toate materialele intersectate de suprafaţa de alunecare.

Demn de menţionat este buna funcţionare a unei reţele de drenuri instalată acum 12 ani, constînd din tuburi cu diametrul de 12″ perforate, aşezate în tranşee de 2,00 m adîncime şi umplute apoi cu pietriş de dimensiuni adecvate. Drenurile sînt distanţate între ele la 33,00 m şi se prelungesc de la dig spre interior 70,00 la 200,00 m. Pe toată suprafaţa prevăzută cu drenuri s-a aşternut o pătură din steril sortat cu o grosime de la 1,00 la 1,50 m.

D. METODOLOGIA PENTRU OBŢINEREA DIGULUI DE CENTURĂ PRIN PROCEDEUL „DEPUNEERE SUBACVATICĂ DIRIJATĂ" ŞI CU „SONDA INVERSĂ"

1. Metodologia procedeului

Pentru depozitarea sterilului se amenajează în apropierea uzinei de preparare un iaz de decantare, care în faza incipientă este închis printr-un dig periferic construit din pămînt denumit dig de amorsare.

Pe coronamentul digului este suspendată, pe suporţi din lemn, conducta pentru deversat tulbureală cu sterilul în suspensie de la uzina de preparare.

Transportul tulburelii de la uzina de preparare la iaz se face fie prin gravitaţie, prin conductă metalică sau pe jgheab de lemn, fie prin refulare prin conductă metalică sau din masă plastică cu densitate mare (rezistenţă la abraziune şi coroziune). Porţiunea de conductă între uzină şi iaz poartă denumirea de conductă de aducţiune sau de refulare, iar porţiunea de conductă susţinută pe suporţi de lemn de-a lungul conturului periferic al iazului, prevăzută cu orificii de deversare este denumită conductă deversoare.

Tulbureala cu sterilul în suspensie trece prin conducta de aducţiune şi prin conducta deversoare, din care iese prin orificiile de deversare, curgînd pe jgheaburile de repartiţie (sau prin furtunuri) în iazul de decantare (v. planşa III.1).

Jgheabul de repartiţie (sau furtunul) este prevăzut la extremitatea de jos cu un distrugător de energie denumit *„labă de gîscă"*, care are rolul să disperseze jetul de tulbureală în formă de evantai, dirijîndu-l spre interiorul iazului (fig. III.19).

Concomitent cu dispersarea şi reducerea vitezei jetului de tulbureală, se produce depunerea subacvatică a grăunţilor de steril care se sortează diferenţiat, dimensiunile lor descrescînd de la periferie spre interiorul iazului.

Scanned with OKEN Scanner

Datorită acestei variații laterale în sediment, prin depunerea grăunților de diametru mai mare la periferie și a celor mai mici spre interior, se formează în iazul de decantare o plajă cu o ușoară înclinare spre interior, a cărei cotă se ridică treptat.

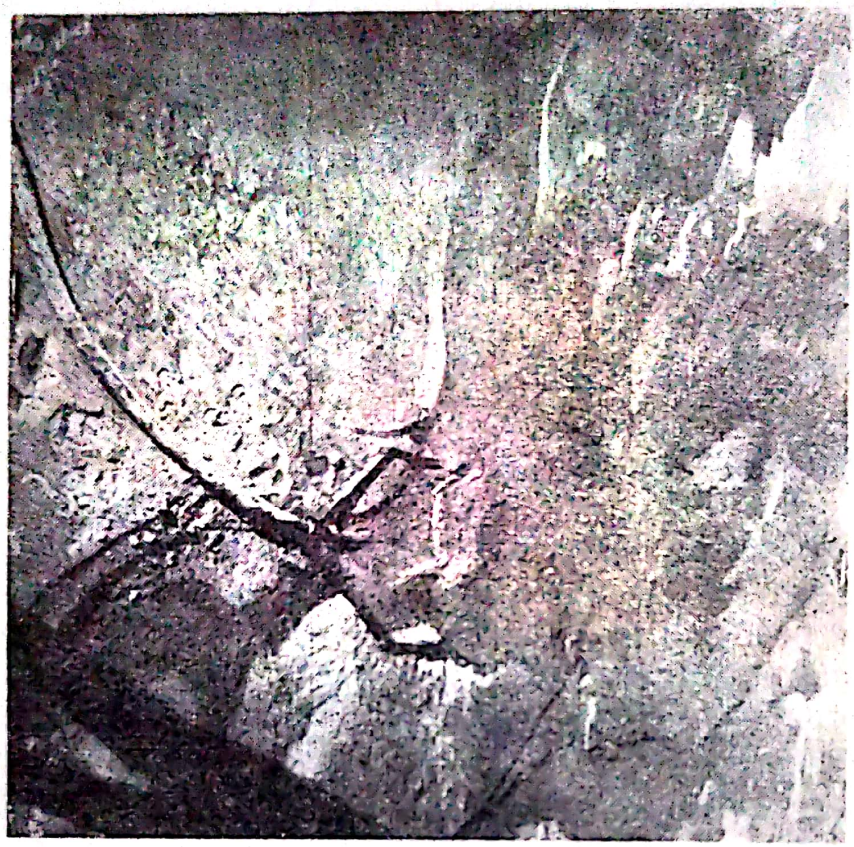


Fig. III.19. Labă de gîscă atașată la furtunul deversor.

Înălțarea plajei se produce pe măsură ce se efectuează aluvionarea ei cu steril din tulbureala deversată pe, *„laba de gîscă"*.

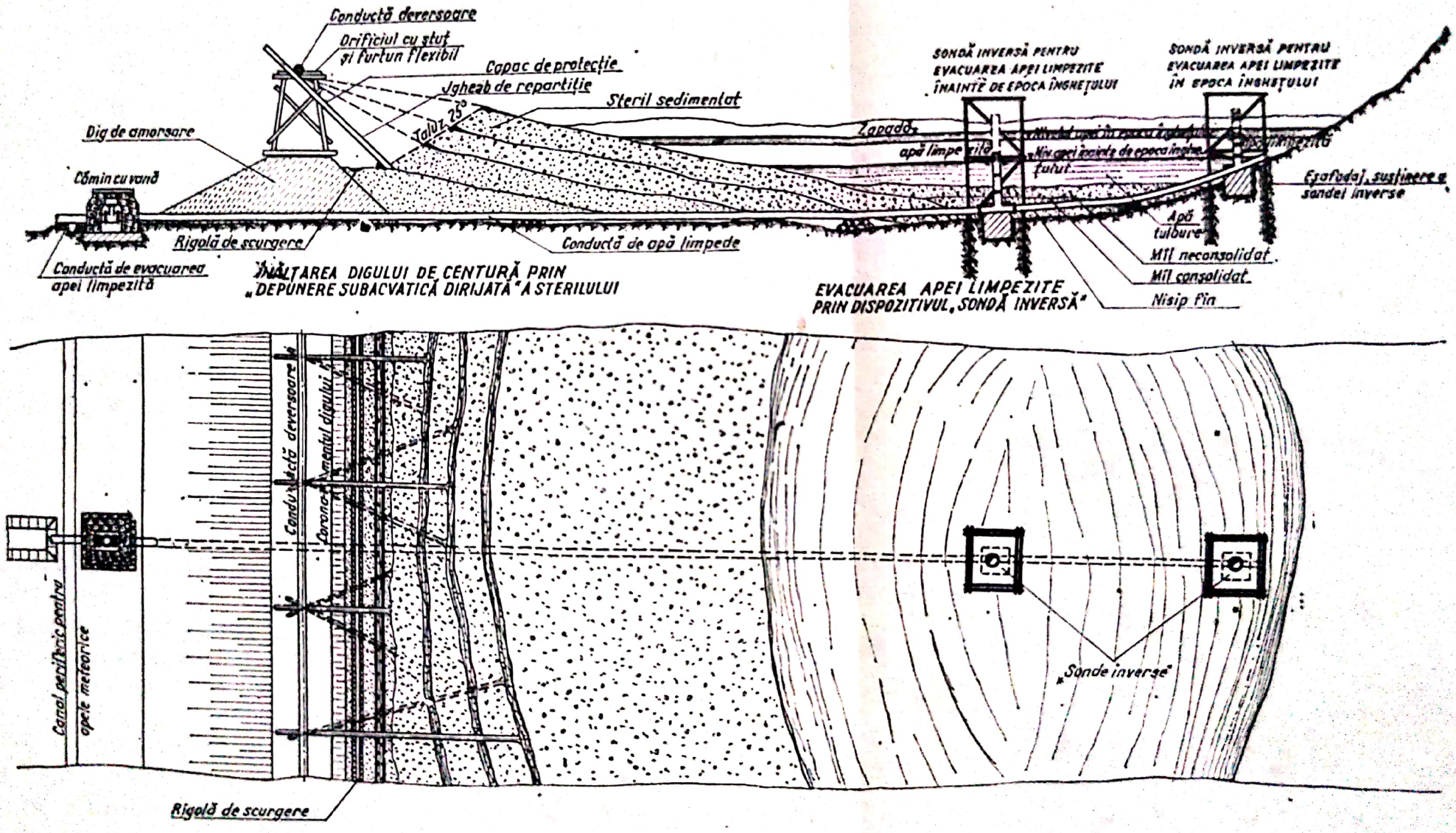
Ca urmare a dispersării în evantai a jetului de tulbureală se produce depunerea sterilului în formă de solzi cu sortarea granulometrică diferențiată amintită mai înainte.

Pentru a evita formarea de conuri de steril și a asigura formarea unei plaje cu față netedă se pendulează jgheaburile de repartiție într-o parte și alta pînă la întîlnirea cu jgheabul de repartiție al orificiului de deversare vecin (v. planșa III.1); aceeași operație se face și cu furtunul, deplasînd *„laba de gîscă"*.

În practică *„laba de gîscă"* se deplasează la anumite intervale de timp, în diferite puncte dispuse în linie dreaptă, realizîndu-se prin stratificația încrucișată în solzi o bordură rectilinie a plajei (v. fig. III.16).

Prin deplasarea *„labei de gîscă"* spre interiorul iazului se realizează bordura plajei cu un taluz exterior convenabil, de regulă mai

Scanned with OKEN Scanner



Planșa III. 1. Vedere și secțiune prin iazul de decantare.

mic decît unghiul de frecare interioară a sterilului, determinat inițial, asigurînd astfel un dig de centură stabil (v. planșa III.1).

Forma evazată a *„labei de gîscă"* servește la dispersarea în plan și la distrugerea energiei cinetice a jetului de tulbureală; altfel, jetul ar cauza erodarea plajei, formînd ochiuri în punctul de deversare și provocînd șiroiri pe fața plajei, care ar avea ca rezultat realizarea unui dig de centură cu textură eterogenă.

„Laba de gîscă" servește totodată la dirijarea jetului de tulbureală pe fața plajei spre interiorul iazului, evitînd scurgerile pe taluzul exterior al digului de centură. Scurgerile pe taluzul exterior se pot înlătura printr-un prag de steril de 2—3 cm înălțime executat cu lopata în spatele punctului de reazim al „labei de gîscă". Acest lucru nu este necesar dacă manipularea „labei de gîscă" este încredințată unui operator conștiincios.

Cînd digul de centură s-a înălțat pînă la nivelul orificiului de deversare, se mută suporții și conducta deversoare de pe coronamentul digului de amorsare pe berma bordurii digului de centură, reluîndu-se operațiile de aluvionare a plajei (fig. III.18).

În cazul în care raportul solid/lichid (steril/tulbureală) este mai mic decît 1 : 5, se poate economisi costul eșafodajului de susținerea conductei deversoare; în acest scop se plasează conducta pe digul de amorsare și la orificiile de deversare — dispuse din 10 în 10 m — se atașează furtunuri de cauciuc lungi de circa 15 m, prevăzute cu *„labă de gîscă"* pentru dispersarea tulburelii.

Folosirea furtunului în loc de jgheab permite înălțarea plajei în etape cu crearea de berme la circa 10 m înălțime și prezintă avantaje economice ca :

1) Se elimină eșafodul de susținerea conductei deversoare și jgheaburile de repartiție, a căror manipulare este mai anevoioasă decît a furtunurilor.

2) Se elimină, de asemenea, operația dificilă a suspendării conductei deversoare pe eșafodaj.

Pe conducta deversoare se sudează la fiecare 100 m cîte un teu cu flanșă, care servește la racordarea unui furtun cu diametru și lungime adecvată pentru transportul tulburelii în interiorul iazului.

Această operație se efectuează periodic, 2—3 zile pe lună, pentru crearea de nervuri de rezistență — radiale și diagonale — care să consolideze cuveta iazului, deoarece sterilul cu granulație mai mare se depune la periferie, iar la centru nu ajunge decît mîl neconsolidat.

Supraînălțarea plajei cu retragerea spre interior după unghiul de taluz, nu ar fi posibilă dacă suportul ei ar fi format din mîl fără o rețea de nervuri de rezistență cu o granulometrie adecvată. Un suport

constituit din sediment neconsolidat periclitează stabilitatea depozitului de steril; sedimentul neconsolidat din cuvetă (cu granulometrie foarte fină) este refulat sub presiunea litostatică în direcţiile de minimă rezistenţă provocînd scufundarea plajei sau chiar străpungerea bordurii iazului.

În cazul în care necesităţile de prepararea minereului cer o măcinare fină, consolidarea sedimentului cu granulometrie foarte fină este grăbită prin drenarea apei; în acest scop se prevăd drenuri la baza digului de amorsare, iar pentru drenarea apei de la diferite niveluri ale depozitului de steril se prevăd drenuri verticale de tip amovibil, interconectate cu drenurile din patul iazului şi cu drenul de la baza digului de amorsare.

Trăsăturile esenţiale ale acestui procedeu le constituie faptul că prin depunerea subacvatică a grăunţilor de steril se realizează aranjamentul romboedric cel mai compact al grăunţilor, iar prin stratificaţia încrucişată în solzi (alternanţa de sedimente cu granulometrie diferită), se realizează un dig cu textura compactă şi impermeabil (datorită colmatării), avînd totodată stabilitatea asigurată prin realizarea unui taluz corespunzător unghiului de frecare interioară a sterilului.

2. „Sonda inversă" şi conducte de evacuare a apei limpezite

Pentru evacuarea apei limpezite din iaz simultan cu depunerea subacvatică a sterilului, s-a preconizat dispozitivul metalic denumit sondă-inversă (fig. III.20, *a*, *b*).

Prin reglarea treptată (cu ajutorul manşoanelor) a înălţimii sondei, pe măsura înălţării digului de centură (v. planşa III.1), se asigură evacuarea în rîul receptor, numai a apei limpezite, reţinînd în iaz partea tulbure şi mîlul.

Cu ajutorul dispozitivului sondă inversă se ţine sub control iazul de decantare care conţine importante cantităţi de mîl fluid ce poate inunda zonele învecinate.

Iniţial, sonda inversă a fost concepută cu manşoane aplicate pe ferestrele unui cilindru (v. fig. III.20, *a*), dar în practică s-a realizat cu manşoane (cu înălţimi de 10, 21 şi 30 cm; fig. III.21, *a*).

Potrivit literaturii de specialitate, în practica curentă evacuarea apei limpezite din iaz se efectuează prin puţuri cu ferestre de acces şi prin canale de fund din beton (fig. III.22).

Construcţia canalului de fund din beton simplu şi construcţia puţului din beton armat necesită importante lucrări de fundare mai ales atunci cînd terenul ales pentru iaz este o formaţiune aluvionară

Scanned with OKEN Scanner

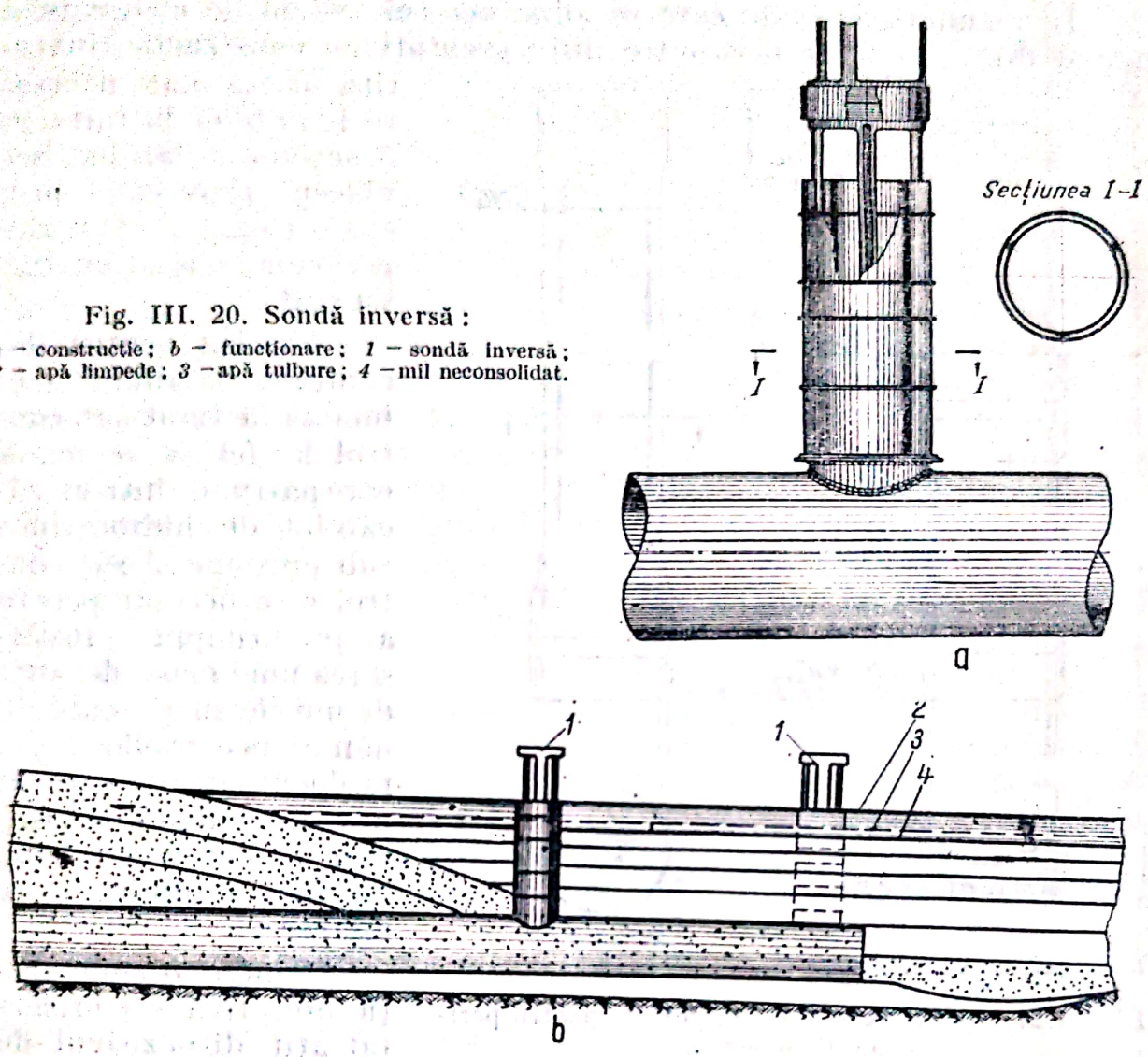


Fig. III. 20. Sondă inversă :
a – construcție ; *b* – funcționare ; *1* – sondă inversă ; *2* – apă limpede ; *3* – apă tulbure ; *4* – mil neconsolidat.

recentă. Înălțimea puțurilor depinde de întinderea iazului, de volumul sterilului care urmează să fie depozitat și de durata exploatării. În medie, înălțimea puțurilor poate ușor depăși 25,00 m. Or, construcția unor puțuri de 25,00 m înălțime și 0,75 m diametru, care trebuie să fie executate înainte ca iazul să intre în funcțiune, necesită importante lucrări de fundații, ancorări, eșafodaje, consolidări etc., precum și investiții destul de mari.

Prin ferestrele puțurilor de evacuare, așezate în spirală, nu se scurge numai apă limpezită, deoarece în momentul în care depunerile ajung pînă aproape de nivelul superior al ferestrelor începe să se scurgă și o parte din tulbureală. Rezultă, așadar, că scopul urmărit — evacuarea exclusivă a apei limpezite — nu poate fi atins prin acest sistem de evacuare.

Scanned with OKEN Scanner

În rezumat, criticile care se aduc acestui sistem de evacuare a apelor din iazurile de decantare sînt : greutăţi de construcţie, investiţii foarte mari necesare înainte de intrarea în funcţiune a iazului, neplăceri provocate prin evacuarea, în anumite perioade, a apei cu tulbureală.

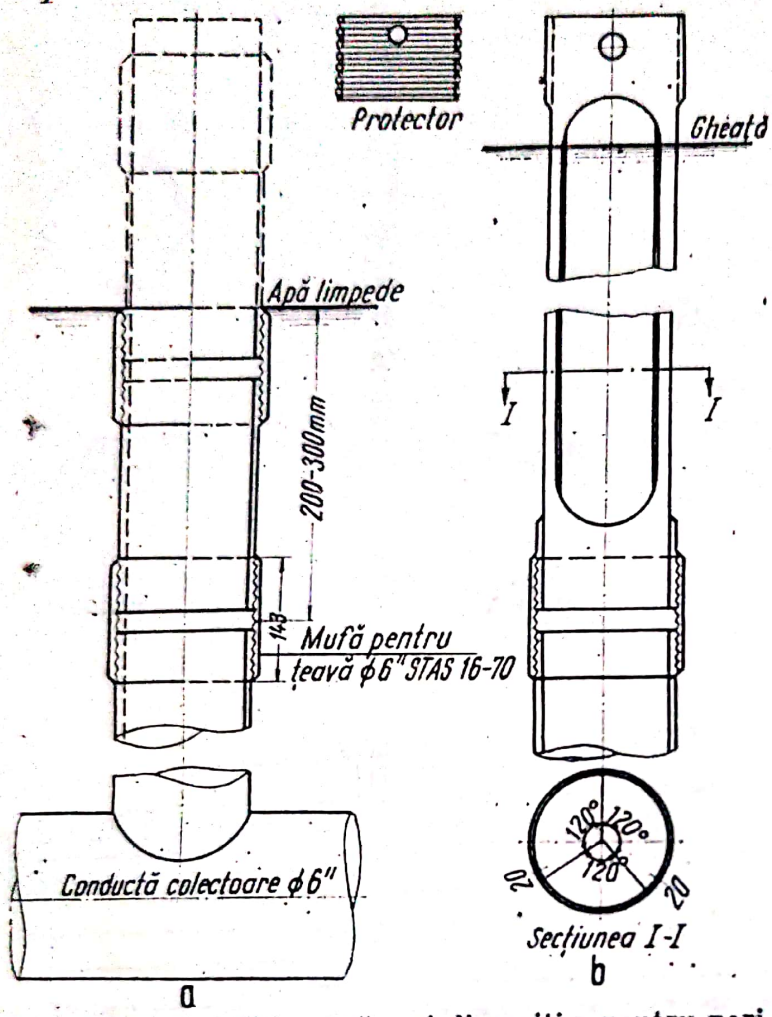


Fig. III.21. Sondă inversă *a* şi dispozitiv pentru perioada de îngheţ *b*.

Un iaz pentru decantarea sterilului trebuie să fie ţinut sub control la fel ca o sondă care pătrunde într-un zăcămînt de hidrocarburi sub presiune. Acest control este necesar pentru a preîntîmpina revărsarea unei mase de sute de mii de metri cubi de nămol neconsolidat din mijlocul iazului care ar provoca inundarea regiunii şi degradarea iazului fără posibilitate de refacere.

Pentru o comparaţie obiectivă s-a proiectat atît dispozitivul de

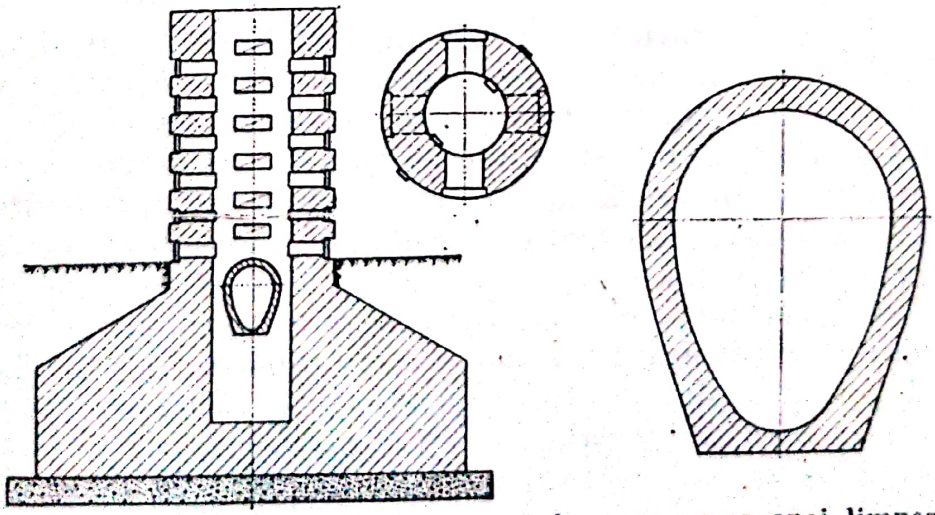


Fig. III.22. Puţ şi canal din beton pentru evacuarea apei limpezite [71].

Scanned with OKEN Scanner

evacuare în conformitate cu literatura de specialitate (Melnicov), cît și dispozitivul denumit „*Sondă inversă*" preconizat de autor. A rezultat că dispozitivul denumit „*Sondă inversă*" este cu 60% mai ieftin. Prin folosirea dispozitivului „*Sondă inversă*" inconvenientele enumerate mai înainte sînt înlăturate.

Caracteristicile dispozitivului sondă inversă

1) *Trăsătura esențială a dispozitivului o constituie siguranța oferită pentru ținerea sub control a iazului de decantare, ce conține mîl-fluid neconsolidat, care în cazul deranjării puțului sau colectorului din beton inundă rîul și regiunea cu sute de mii de metri cubi de mîl-fluid.*

2) *Sonda inversă se înalță din bucăți de cîte 200—300 mm pe măsura înălțării sedimentului din iazul de decantare, care asigură în același timp și încastrarea bazei sondei inverse* (v. fig. III.21).

Nu este necesară efectuarea totală a investiției pentru construirea în întregime a unei sonde cu înălțimea de 25,00 m încă de la începutul exploatării iazului de decantare, așa cum este necesar în cazul puțului de beton de 25,00 m, care trebuie să fie construit încă de la început și deci necesită efectuarea totală a investiției. În cazul sondei inverse, investiția se eșalonează pe toată durata exploatării. Dispozitivul sondă inversă nu are nevoie de fundație și nici de ancoraje importante.

3) *Rețeaua de „Sonde inverse" este adaptabilă oricărei configurații de teren.* Panta necesară este asigurată prin susțineri din lemn care ulterior se încastrează în sedimentul depus împrejur. Construcția sondei inverse fiind metalică, nu se produc fisuri prin care ar putea să pătrundă mîlul, așa cum s-ar putea întîmpla în cazul puțurilor și canalurilor de beton.

4) *„Sonda inversă" permite o manipulare lesnicioasă prin care se asigură înălțarea imediată a nivelului de deversare pentru preîntîmpinarea viiturilor de apă tulbure din torenții care se scurg în iaz.*

5) *„Sonda inversă" permite acomodarea iazului la un nivel înalt în cazul înghețării apei și astfel asigură decantarea sterilului sub stratul de gheață pe timpul iernii.* Primăvara se detubează bucata adăugată în timpul iernii și se reia exploatarea iazului la nivelul obișnuit (v. planșa III.1).

Sonda inversă este prevăzută cu un grătar metalic care reține frunzele sau orice alte corpuri străine care pot înfunda dispozitivul. De asemenea, pentru a reține resturile de uleiuri folosite la flotație, se plasează în jurul sondei inverse o ramă de lemn pătrată, groasă de cîțiva centimetri. Apa trece pe sub rama care plutește, iar uleiurile rămîn la suprafață.

Sonda inversă este asigurată prin susțineri din lemn (fig. III.23), iar baza dispozitivului este încastrată în beton, prevăzută cu fund de sac amortizor de energie.

Scanned with OKEN Scanner

Accesul la sondă se face cu barca, la iazurile mari sau pe o punte așezată pe plutitoare, cînd distanța este mică.

În exemplul dat, iazul de decantare este prevăzut cu două sonde inverse conectate cu o conductă avînd diametrul de 6″, pentru evacuarea apei limpezite (fig. III.24).

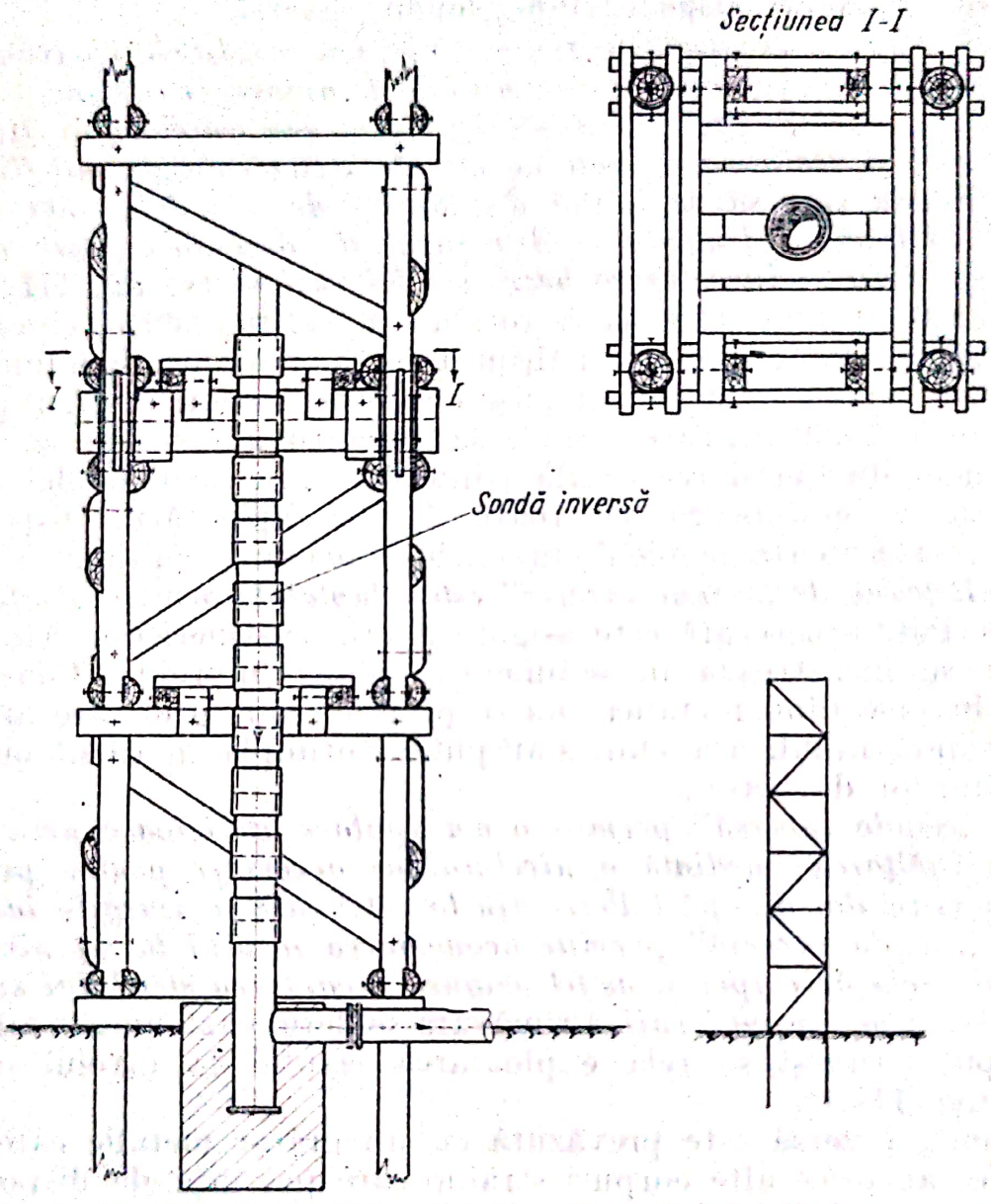


Fig. III. 23. Sondă inversă de capăt cu eșafodaj din lemn.

Manșonul de la gura sondei inverse se execută cu o pronunțată evazare. Astfel se obține sporirea debitului preluat prin mărirea secțiunii de admitere și prin micșorarea tulburenței.

Debitul de scurgere asigurat printr-o sondă inversă cu diametrul de 6″, la o grosime de 5 cm a stratului de apă deasupra deschiderii sondei inverse, este de 14 l/s, determinat cu abaca (fig. III.25).

Scanned with OKEN Scanner

Dispozitivul de evacuare a apei limpezite este astfel dimensionat încît poate evacua și apele ploilor torențiale care, potrivit datelor

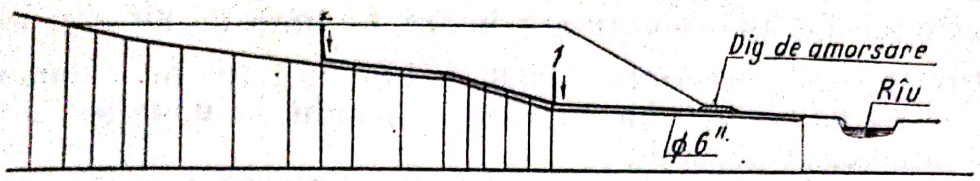


Fig. III. 24. Profilul dispozitivului de evacuare a apei limpezite cu sonde inverse:

1 — sondă inversă pentru faza incipientă, care apoi se închide și devine sondă de trecere; *2* — sondă de capăt.

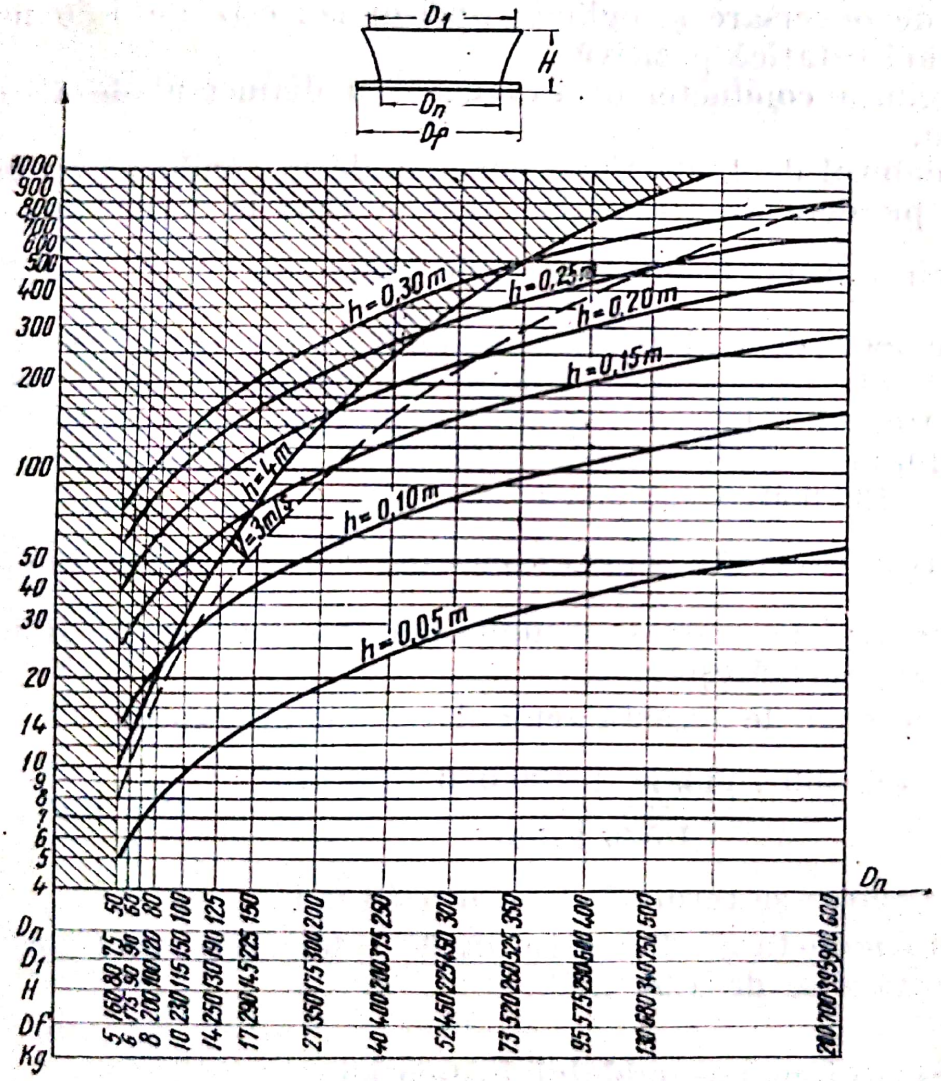


Fig. III. 25. Abacă pentru determinarea debitului de preluare al sondei inverse (după I.P.A.C.H.):

h — înălțimea apei peste cota preaplinului; D_n — diametrul nominal este egal cu 2/3 din diametrul pîlniei. Linia punctată corespunde vitezei de 3,00 m/s în conducta de preaplin. Această viteză se poate depăși numai verificînd debitul posibil al conductei de la caz la caz. Linia *h* = 4,00 m reprezintă debitul maxim pextru o conductă de preaplin de 4,00 m lungime cu 3 coturi și cu diferența de nivel de 4,00 m între extremități.

meteorologice, au marcat în regiune 0,61 mm/min timp de 91 min, nivelul crescînd cu 55 mm.

Cantitatea de apă acumulată în iaz în timp de 90 min este :

Din ploaia torențială 550 000 l/ha × 1,10 ha = 605 000 l
(1,10 ha = 0,50 ha suprafața iazului + 0,60 ha suprafața adiacentă a iazului)
Din flotație : 250 l/min × 90 min = 22 500 l
Total : 605 000 l + 22 500 l = 627 500 l

În faza incipientă (cea mai defavorabilă) diferența de nivel între punctul de deversare și oglinda apei în iaz este de 1,50 m, deci o coloană hidrostatică pozitivă.

Lungimea conductei de evacuare cu diametrul de 6″ este sub 100,00 m.

La debitul de 1 500 l/min corespunde în conducta cu diametrul de 6″ o pierdere de sarcină de 1,36 m H_2O la 100,00 m, deci mai mică decît 1,50 m. Debitul de 1 500 l/min sau $\frac{1\,500\ l}{60\ s}$ =25 l/s este mai mic decît debitul preluat de două sonde cu diametrul de 6″, adică 2 × 14 = 28 l/s, decît 1,50 m coloană hidrostatică disponibilă.

Pe timpul ploii în 90 min conducta evacuează 90 min × × 1 500l/min = 135 000 l și mai rămîn în totalul acumulat în iaz 627 500 — 135 000 = 492 500 l.

Această cantitate s-ar evacua în $\frac{492\,500}{1\,500}$ = 320 min, dar în acest interval de timp se acumulează apă din flotație și intervalul de evacuare se mărește.

Ținînd cont de această acumulare, sînt necesare :

$$\frac{492\,500\ \text{l/ploaie} + 100\,000\ \text{l/flotație}}{1\,500\ \text{l/min}} = 395\ \text{min};$$

adică evacuarea se termină după 6 h 30 min.

Deci conducta cu diametrul de 6″ este corespunzătoare și viteza în conductă este de 1,36 m/s.

3. Alcătuirea ansamblului instalației

1) *Dispoziția generală a instalației de pompare* : acolo unde diferența de nivel între uzina de preparare și iazul de decantare este destul de mare ca să asigure transportul prin gravitație al apelor reziduale pînă în faza finală a exploatării iazului, nu este necesară

Scanned with OKEN Scanner

Planșa III. 2. Instalație de pompare a apei reziduale cu bezine de aspirație (St. Voiculescu-Dioști).

Scanned with OKEN Scanner

o instalaţie de pompare şi conducta de aducţiune a apelor reziduale este racordată direct la instalaţia de preparare. Cînd diferenţa de nivel nu asigură transportul prin gravitaţie, se construieşte o instalaţie de pompare (v. planşa III.2) în faza incipientă sau mai tîrziu cînd prin înălţarea depozitului de steril în iaz, diferenţa de nivel ajunge la limită.

2) *Casa pompelor* : este o construcţie din beton armat, prevăzută cu o hidroizolaţie pentru partea de sub nivelul solului, în funcţie de nivelul apei subterane.

Incinta staţiei de pompe este prevăzută cu un pod rulant acţionat manual cu o capacitate corespunzătoare pentru montarea şi demontarea părţilor componente ale instalaţiei de pompare.

Între suportul metalic al electropompelor şi fundaţia de beton se intercalează plăci de plută pentru amortizarea vibraţiilor.

3) *Pompe de tulbureală* : pentru exemplul din capitolul privind proiectarea, corespund 4 pompe centrifuge antiabrazive (fig. III.26) care au $Q = 8\,000$ l/min (sau 480 m³/h). $H = 40{,}00$ m, $n = 1\,450$ rot/min, $G = 1\,100$ kg. Dintre acestea, două pompe sînt de rezervă. Carcasa şi rotorul sînt executate din oţel cu mangan avînd duritatea de 350 grade Brinell sau din fontă şi încărcate cu materiale dure. Fiecare pompă este acţionată de un electromotor asincron trifazic cu $N = 110$ kW, la o tensiune de 3 000 V, cu aparataj de comandă şi protecţie (fig. III.27).

În Republica Socialistă România se execută tipul de pompă Wilfley care are rotorul şi carcasa îmbrăcate în cauciuc, făcîndu-le mai rezistente la abraziune.

În schema de montaj a pompelor se evită coturile şi nu se folosesc ventile de reţinere. Vanele de izolare se montează lîngă conducta comună de refulare cu scaunul în sus pentru a evita depunerile de steril. Pe conducta de refulare se prevăd dopuri de control şi în loc de ventil de aer se montează o ramificaţie de 1/4″ prin care curge continuu tulbureala eliminînd aerul. Pentru purjarea periodică a conductei de refulare este prevăzută o legătură cu reţeaua de apă, la fel ca şi la colectorul de golire a zestrei bazinelor (planşa III.2).

Canalul de tulbureală care alimentează pompele este prevăzut cu un grătar-sită înainte de ieşirea din staţia de preparare ca să nu ajungă în pompe corpuri străine (fitil de mină, garnituri, sfărîmături de lemn etc.). Stăvilarele de închidere ale canalului de tulbureală şi stăvilarul de admitere a tulburelii în bazinetul de aspiraţie al pompei vor fi acţionate mecanic, pentru debite mai mari ca 50 m³/s, ca să asigure o închidere etanşă.

Scanned with OKEN Scanner

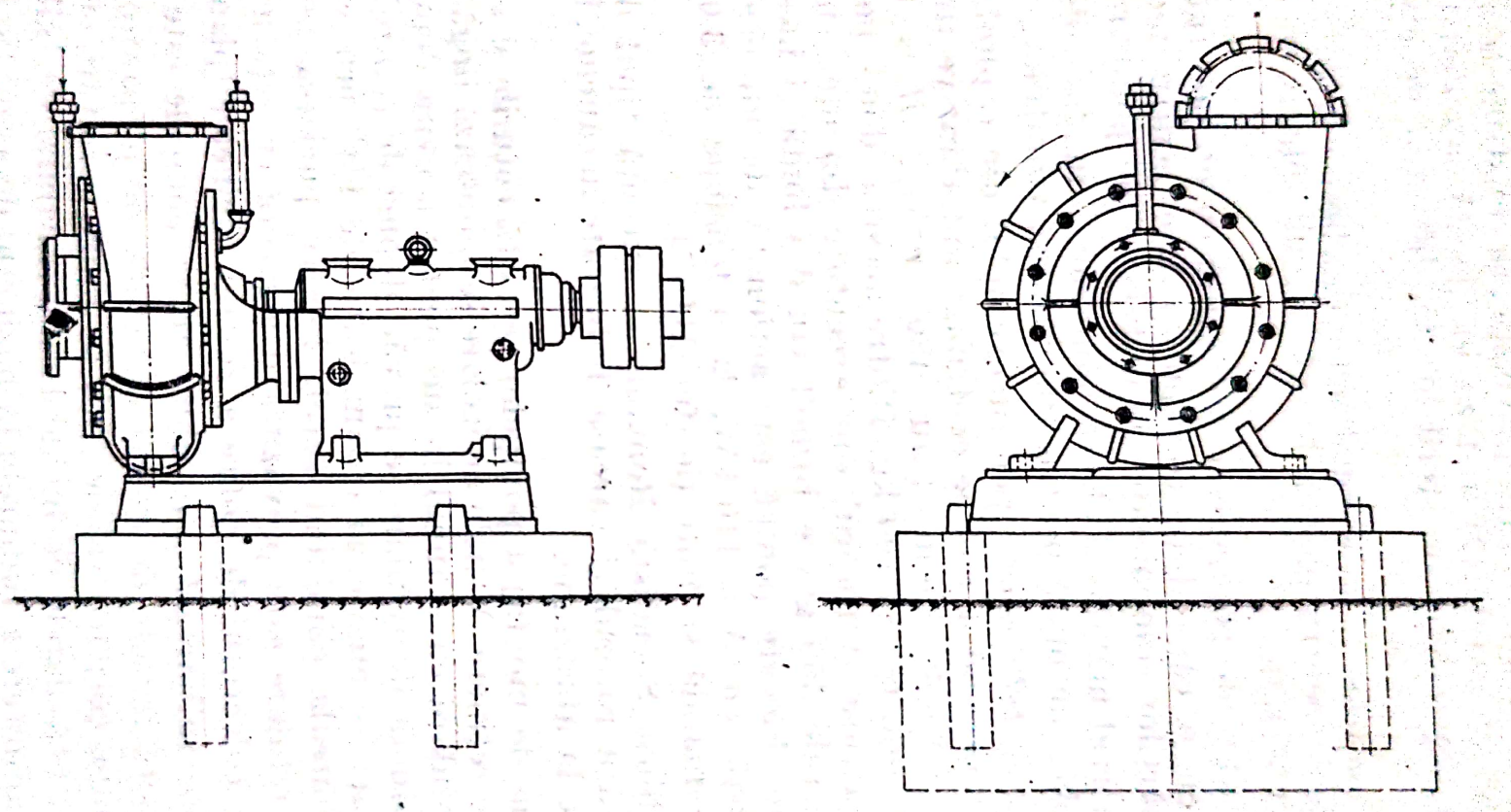
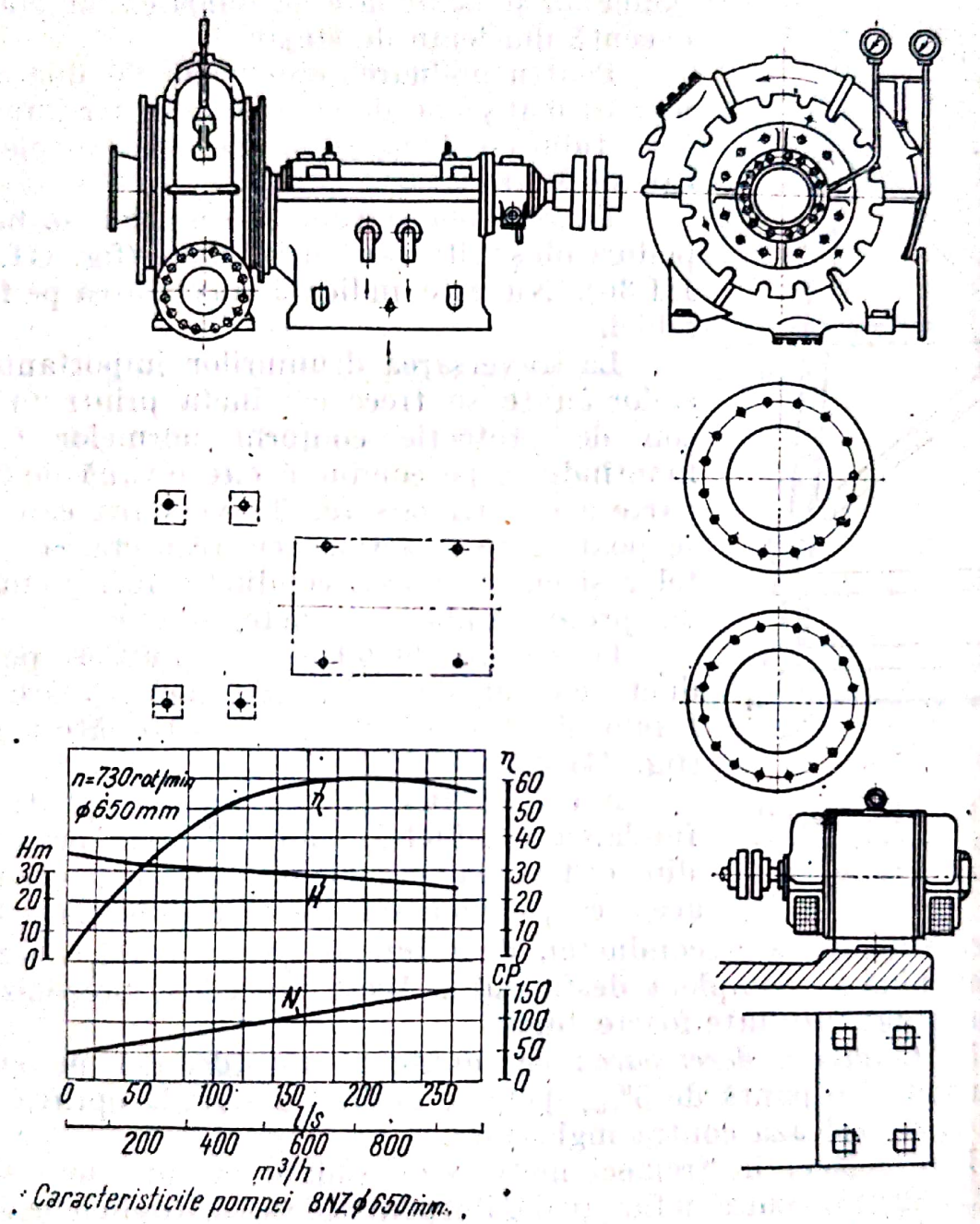


Fig. III. 26. Pompă Sigma PAB-NN-9-S pentru lichide abrazive.

Scanned with OKEN Scanner

Canalul de aducțiune și bazinetele de aspirație sînt astfel construite încît preaplinul conduce tulbureala afară, în cazul în care se descarcă tulbureala din conducta de refulare prin corpul pompei, evitînd înecarea motoarelor, a aparatelor de comandă și de protecție.



Caracteristicile pompei 8NZ ϕ650mm.

Fig. III. 27. Pompă 8 NZ pentru lichide abrazive.

4) *Conducta de refulare a tulburelii*: pentru diferite debite și situații se aleg conducte corespunzătoare STAS 716-49 sau STAS 875-70 și vane STAS 2550-68 și STAS 1518-68.

Scanned with OKEN Scanner

Este de preferat să se monteze conducta pe suporţi de lemn (fig. III.28), spre a putea fi rotită periodic. În acest scop montajul se face prin sudură, dar se prevăd flanşe la intervale de 30,00—50,00 m. Suporţii se execută din piese de lemn de brad impregnate cu carbolineum şi asamblate cu buloane, iar piloţii se execută din lemn de stejar.

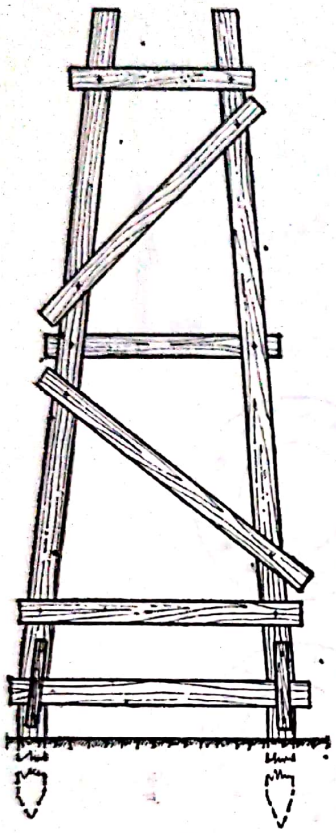


Fig. III. 28. Suporţi pentru conducta de refulare a tulburelii.

Pentru preluarea eforturilor de dilataţie se prevăd manşoane de compensare, iar împotriva îngheţului conducta se izolează şi se învelește cu carton gudronat.

Traversarea rîurilor şi şoselelor se face pe poduri obişnuite sau suspendate (fig. III. 29 şi III.30). Nu este indicată traversarea pe fundul albiei.

La traversarea drumurilor importante şi a căilor ferate se trece conducta printr-un manşon de protecţie conform normelor C.F.R., montîndu-se pe conductă cîte o vană de fiecare parte a căii traversate. Traversarea căii ferate se poate face şi aerian, cu respectarea gabaritelor şi cu montarea conductei într-un manşon de protecţie liber la capete.

La fiecare 100,00 m se prevede pe conductă cîte un dispozitiv de control care poate fi înlocuit şi printr-un dop cu cap pătrat filetat (fig. III.31).

Aceste orificii se pot folosi şi pentru desfundarea conductei, pompînd apă printr-unul din orificii şi deschizînd orificiul vecin. În acest caz, o vînă subţire de apă îşi face loc pe partea superioară a conductei, de-a lungul generatoarei, antrenînd nisipul pînă la completa desfundare. Acest procedeu, preconizat de autor, a dat rezultate foarte bune.

5) *Conducta deversoare*: se montează întotdeauna pe suporţi asigurîndu-i o pantă de $5^0/_{00}$ pentru golirea zestrei la oprirea pompării şi se izolează contra îngheţului.

Din treizeci în treizeci metri sînt sudate ştuţuri de scurgere (fig.III.32) prevăzute cu furtun flexibil pentru descărcarea în jgheabul de repartiţie (fig. III.33), sau pentru ataşarea furtunului cu labă de gîscă.

Iniţial, conducta deversoare se plasează pe capre pe coronamentul digului de amorsare şi apoi pe digul de centură, pe măsură ce se înalţă depozitul de steril. Această aşezare permite manipularea jgheaburilor de repartiţie sau a furtunului.

Scanned with OKEN Scanner

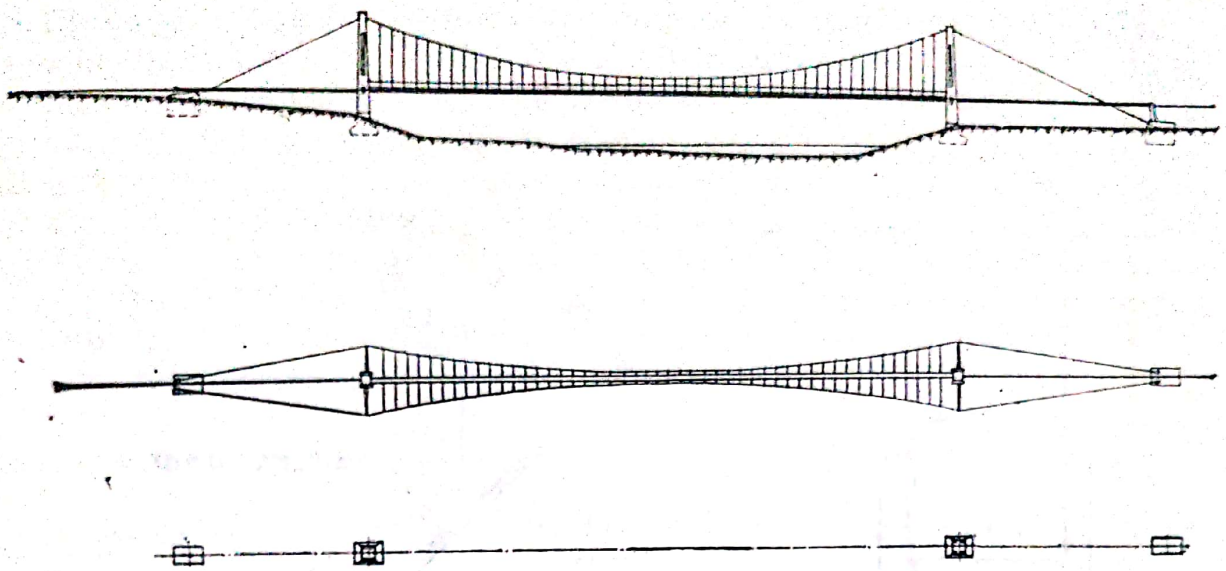


Fig. III. 29. Pod suspendat pe cabluri pentru susținerea conductei cu contravîntuiri

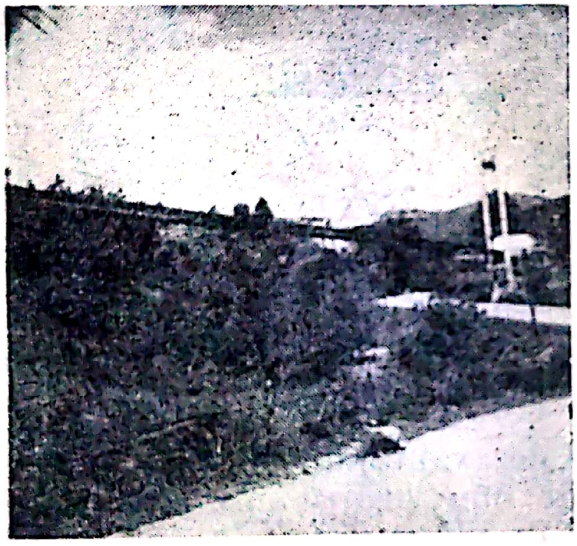


Fig. III. 30. Conducta de aducțiune suspendată — Cavnic.

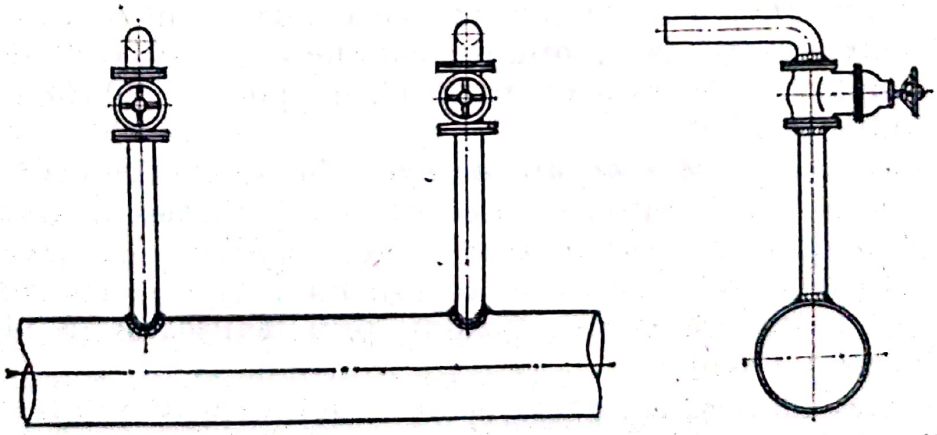


Fig. III. 31. Dispozitiv pentru control pe conducta de tulbureală.

Scanned with OKEN Scanner

Este contraindicat să se mențină conducta deversoare pe digul de amorsare și să se prelungească ramificațiile de deversare pe măsura înălțării depozitului de steril. Acest procedeu scutește strămutarea

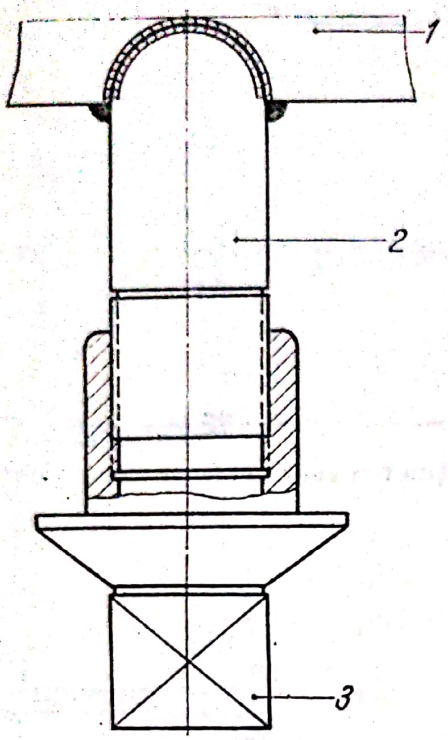


Fig. III. 32. Orificiu de scurgere cu dop filetat pe conducta deversoare:
1 — conductă deversoare; *2* — ștuț pentru orificiu de scurgere; *3* — dop cu cap pătrat.

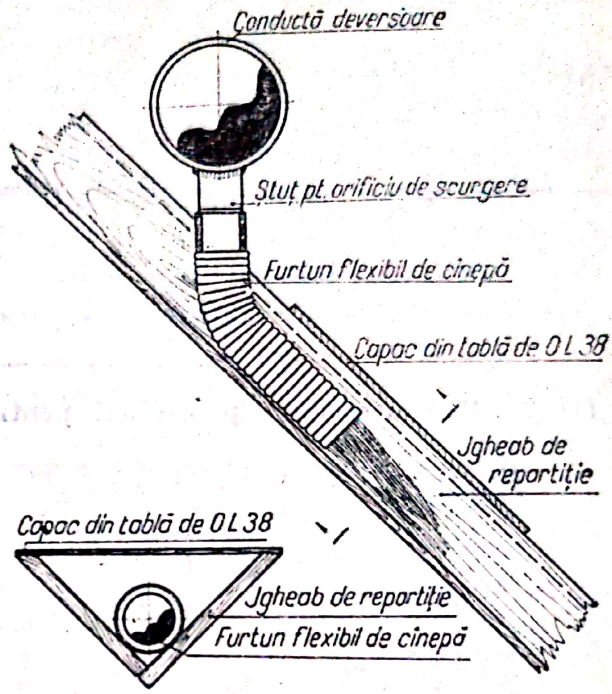


Fig. III. 33. Detalii la orificiul de scurgere de pe conducta deversoare.

conductei deversoare, dar are dezavantajul că poate produce înfundarea conductei și compromite funcționarea instalației, dacă nu se menține un regim convenabil de viteză.

La fiecare 100,00 m se sudează pe conducta deversoare un teu cu flanșă care servește la racordarea conductei (cu diametrul mai mic decît al conductei deversoare), pentru transportul tulburelii în interiorul cuvetei iazului.

6) *Dispozitivul de evacuare al apei limpezite din iaz*: în afară de cele arătate mai înainte, se precizează că practica a arătat necesitatea ca joncțiunea „*Sondei inverse*" cu conducta colectoare să se facă în fund de sac încastrat în beton, iar înălțarea sondei inverse să se facă (pentru securitatea iazului) prin manșoane cu filet și nu prin îmbinare telescopică.

La ieșirea din iaz, conducta colectoare a apei limpezite este prevăzută cu o vană montată într-un cămin (v. planșa III.1).

Scanned with OKEN Scanner

7) *Instalaţia de forţă, iluminat şi telefon* : întrucît aceste instalaţii nu prezintă nimic deosebit, s-a renunţat la descrierea lor. Reflectoarele s-au dovedit foarte eficace pentru iluminarea iazului de decantare. Dacă iazul este situat la distanţă prea mare de sursa de curent electric, iluminarea se poate face cu lămpi petromax. Pentru manipularea jgheaburilor de repartiţie şi pentru supravegherea „*Sondelor inverse*", în timpul nopţii, se folosesc uneori lămpi de mină.

Postul telefonic este prevăzut cu avertizoare sonice şi se instalează în baraca prevăzută lîngă iaz pentru păstrarea materialelor şi pentru adăpostirea personalului de exploatare.

4. Funcţionarea instalaţiei

Apa reziduală provenită de la celulele flotaţiei sau de la uzina de ştampare, este condusă în bazinele de aspiraţie ale pompelor centrifuge care o refulează prin conducta metalică pînă la iazul de decantare unde este distribuită prin conducta deversoare (v. planşa III. 1).

Conducta deversoare este prevăzută cu ştuţuri de deversare din trei în trei metri. Această conductă are două ramificaţii separate prin vane şi se lucrează alternativ cu cîte o ramificaţie a cărei lungime este egală cu 1/2 din conturul digului (fig. III.34).

Din orificiile conductei deversoare tulbureala este condusă în iaz pe jgheaburile de repartiţie în formă de V. Acestea sînt suspendate cu un capăt de conductă, iar capătul inferior reazemă pe plaja de nisip şi este prevăzut cu un distrugător de energie (labă de gîscă).

Jgheaburile sînt mobile şi pot fi deplasate orizontal şi vertical pentru a realiza supraînălţarea bordurii de închidere a iazului din sterilul decantat.

Supraînălţarea uniformă a bordurii iazului de decantare se realizează reglînd convenabil deversarea tulburelii, prin obturarea totală sau parţială a ştuţurilor conductei deversoare.

În caz de oprire a instalaţiei, tulbureala aflată în conducta deversoare se scurge în iaz.

Conducta de aspiraţie a pompelor de refulare va fi legată cu sursa de apă a uzinei de preparare, spre a permite purjarea periodică a conductei de refulare şi a conductei deversoare.

Prin ramificaţiile conductei deversoare, prevăzute la fiecare 100,00 m, se conduce tulbureala spre interiorul iazului pentru a umple concavitatea care se formează din cauză că sterilul cu granulaţia mai mare se depune la periferie.

Tulbureala ajunsă în iazul de decantare depune sterilul în suspensie. Parcurgînd distanţa de la periferie pînă la centrul iazului,

Scanned with OKEN Scanner

apa se limpezește și este evacuată prin sonda inversă, fiind condusă prin conducta de evacuare în rîu.

Pentru a asigura limpezirea apei se menține în iaz un hidroecran cu o grosime de circa 50 cm, care poate fi realizat chiar din faza

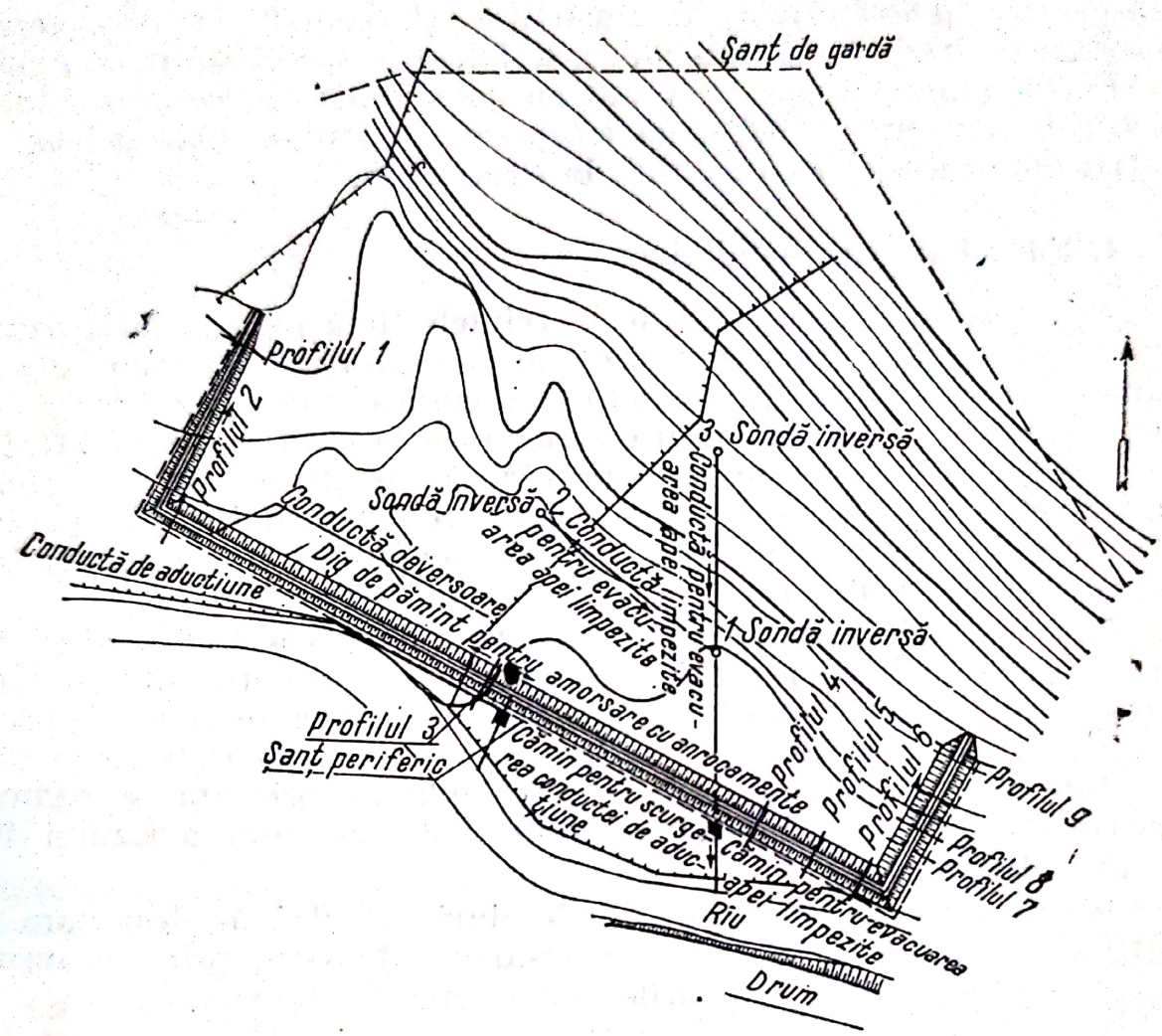


Fig. III.34. Ansamblul iazului de decantare.

incipientă datorită modului de plasare a tălpii sondei inverse (1,00 m sub nivelul digului) și gropilor de împrumut care coboară nivelul fundului.

Grosimea minimă a hidroecarnului care asigură limpezirea apei se va determina prin observații și prin măsurători directe la intrarea în funcțiune a instalației de decantare.

În planșa III. 1 sînt arătate fazele de înălțare a digului după unghiul taluzului sterilului respectiv determinat în laborator.

Cînd semdientul, depus pe bordura de închidere a iazului, ajunge la nivelul conductei deversoare, conducta se mută în poziția următoare [1].

În epoca înghețului, sondele inverse se înalță pentru a obține în iaz un nivel de apă mai mare (un hidroecran mai gros) în vederea depozitării sterilului sub gheață, deoarece sedimentul depus dislocă apa și înălțimea hidroecranului nu trebuie să fie redusă sub grosimea minimă la care este asigurată limpezirea apei.

Dacă scurgerea tulburelii pe fața plajei este stînjenită de îngheț se va recurge la conducerea tulburelii pe un singur jgheab sau conductă pînă la contactul dintre gheață și plajă, unde tulbureala va topi gheața și va pătrunde sub stratul de gheață datorită caloriilor rămase de la ieșirea din uzina de preparare.

Apa limpezită din iaz este evacuată în rîu sau în caz de necesitate este recircuitată.

Instalația de recircuitare a apei limpezite nu prezintă particularități care să facă necesară o descriere detaliată.

Pentru supravegherea și asigurarea funcționării instalației de decantare sînt necesari doi oameni pe schimb (un lăcătuș și un dulgher). Aceștia sînt controlați de supraveghetorul flotației.

Stația de pompare de asemenea este sub supravegherea personalului flotației [2].

E. CONSTRUIREA DIGULUI CU HIDROCICLONUL ÎN STATELE UNITE ALE AMERICII ȘI ÎN CANADA

Metoda este folosită de Magma Copper Company la mina de cupru San Manuel — Arizona [3] S.U.A. — D. Mc Gregor, G. W. Dopson [17 și 88].

Evacuarea sterilului este un factor determinat la planificarea unei exploatări de 65 000 t/zi minereu cuprifer și prepararea umedă a acestui tonaj. Pînă în anul 1972 au fost depozitate în iazuri peste 200 000 000 t steril. Cel mai recent iaz este proiectat adiacent cu cel vechi, pentru 26,5 ani, cu o suprafață de 320 ha și o înălțime de

---

[1] Conducerea deversării în vederea epocii de îngheț trebuie să fie făcută toamna, încît să asigure un volum cît mai mare la fundul cuvetei pentru înmagazinarea sterilului depus sub gheață, menținînd în acest timp un hidroecran cu grosime suficientă care să asigure limpezirea.

[2] Se recomandă ca instalarea pompelor de tulbureală să se facă chiar în uzina de preparare. În felul acesta se reduc investițiile, nemaifiind necesară o casă de pompe, iar supravegherea poate să fie făcută chiar de personalul flotației.

[3] În anul 1968 autorul a vizitat mina, instalația de preparare și iazul de decantare.

Scanned with OKEN Scanner

85,00 m. Vastul teritoriu necultivabil situat în aval de mină permite amenajarea iazurilor de coastă, transportul tulburelii fiind asigurat prin gravitaţie.

La extremităţile perimetrului este prevăzut cîte un bazinet din beton, conectat la conducta de aducţiune cu diametrul de 30″, care are o pantă de 0,5%. Aceste bazinete servesc ca puncte de distribuţie a tulburelii (fig. III.35) pe cele două laturi nord şi sud. Pe conducta de aducţiune, între cele două bazinete, sînt prevăzute 4 derivaţii cu vane de 30″ pentru descărcarea conductei la nevoie. Conductele de aducţiune (∅ 24″) de pe cele două laturi — nord şi sud — au panta de 0,5% şi pentru că panta terenului este de 5%, din distanţă în distanţă sînt plasate cutii din lemn cu diametrul de circa 2,00 m şi cu înălţimea de 7,00 m pentru ruperea de — creînd astfel o aducţiune în trepte (fig. III. 36). Între cele două laturi — nord şi sud — este manifoldul de distribuţie (∅ 24″) a cicloanelor (conducta de deversare a tulburelii), care se extinde de-a lungul digului de amorsare, racordîndu-se cu ultima cutie de rupere de pantă. Conducta de deversare este separată în tronsoane care se pot izola prin vane de 24″.

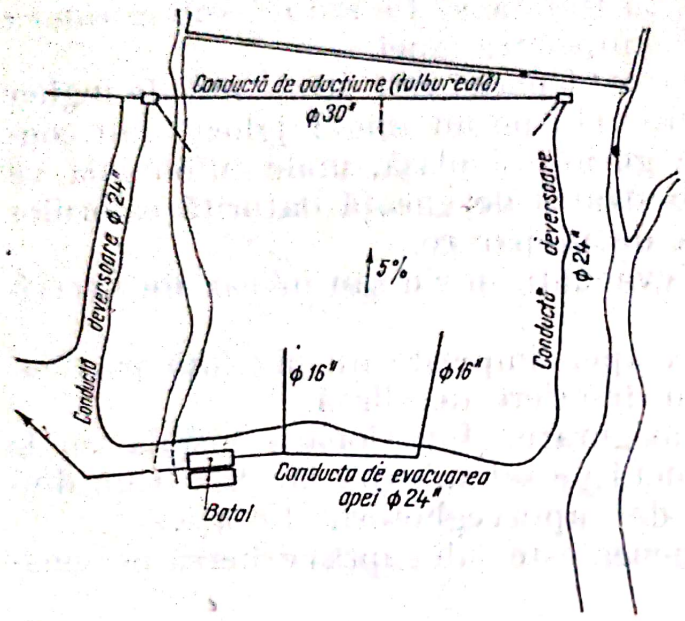


Fig. III. 35. Schema amplasamentului iazului de decantare nr. 10—San Manuel- Arizona.

Digul de amorsare este construit din material de împrumut; coronament 10,00 m servind pentru drumul de serviciu şi ca fundaţie pentru conducta de deversare; taluzul 1,5 :1; patul este prevăzut în diferite puncte cu drenuri de circa 4,50 m lăţime.

De-a lungul conductei de deversare s-au instalat pe capre de lemn de circa 1,50 m înălţime, aproximativ 366 cicloane de 12″ racordate la manifold cu ţeavă din oţel cu diametrul de 4″ şi ventil cu cep de 4″ şi un cot din cauciuc, la fiecare ciclon este conectată o conductă (∅ 4″) de descărcare şi suprascurgerea ciclonului, lungă de 20,00 m spre a permite depunerea şlamului departe de dig. Distanţa între cicloane este de 8,50 m (fig. III. 37).

Scanned with OKEN Scanner

În fig. III. 38 este reprezentată schematic sistemul de evacuare a apei decantate.

Cînd sterilul atinge înălțimea caprelor se oprește alimentarea cicloanelor prin închiderea ventilelor cu cep și se alimentează alt

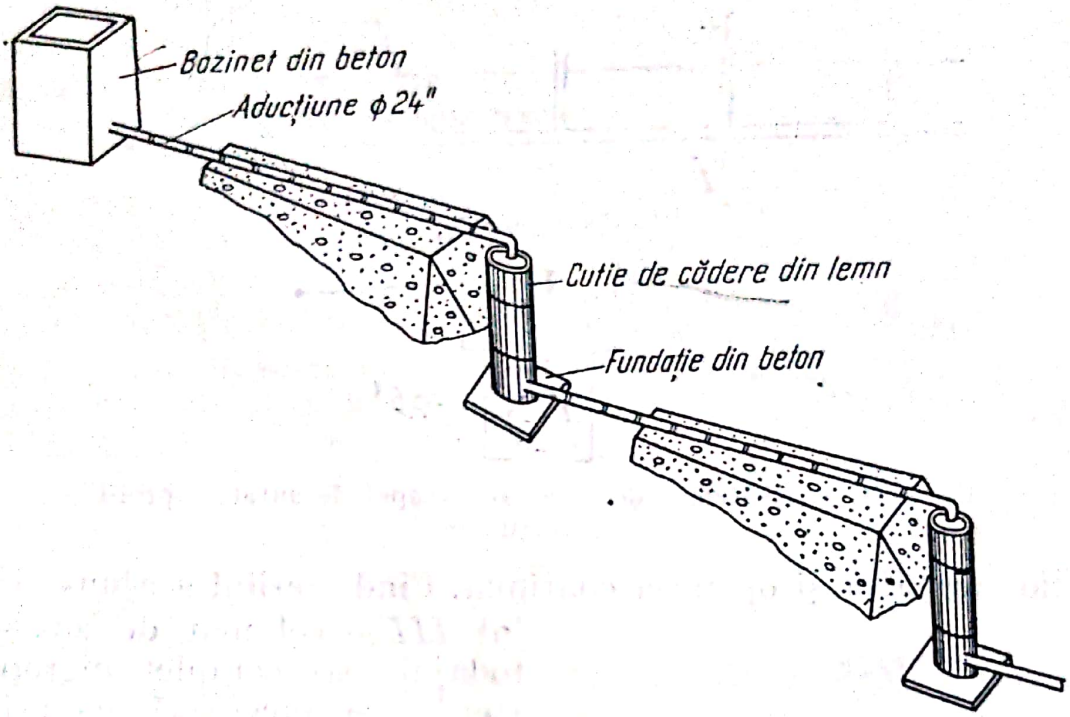


Fig. III. 36. Aranjamentul ruperii de pantă — bazinet din beton și cutii din lemn.

tronson, lăsînd primul sector în repaus pentru consolidare. După consolidare se instalează la o distanță de 10,00 m de la capră — spre

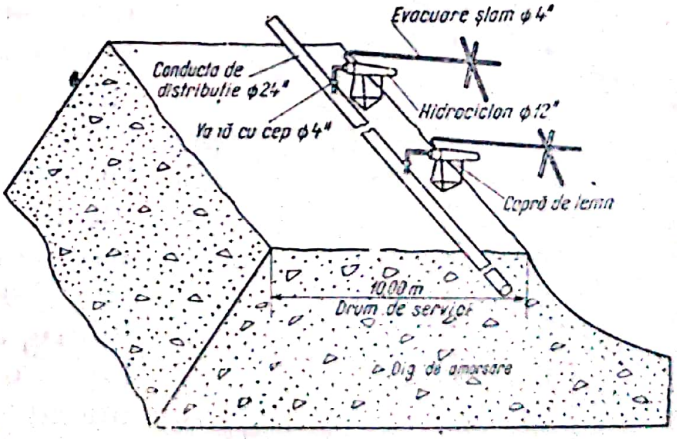


Fig. III. 37. Conducta de distribuție și cicloanele plasate pe digul de amorsare.

interior — un eșafodaj din lemn de 4,50 m înălțime cu 3 niveluri. Se așază ciclonul la nivelul inferior al estacadei; se completează cu circa 7,00 m conducta (∅ 4") de tulbureală racordînd ciclonul și

cu conducta de suprascurgere pentru descărcarea șlamului, apoi se reia operația (fig. III 39).

Cînd sterilul depus s-a ridicat pînă aproape de cicloane, se oprește alimentarea cu tulbureală și se înalță cicloanele la nivelul

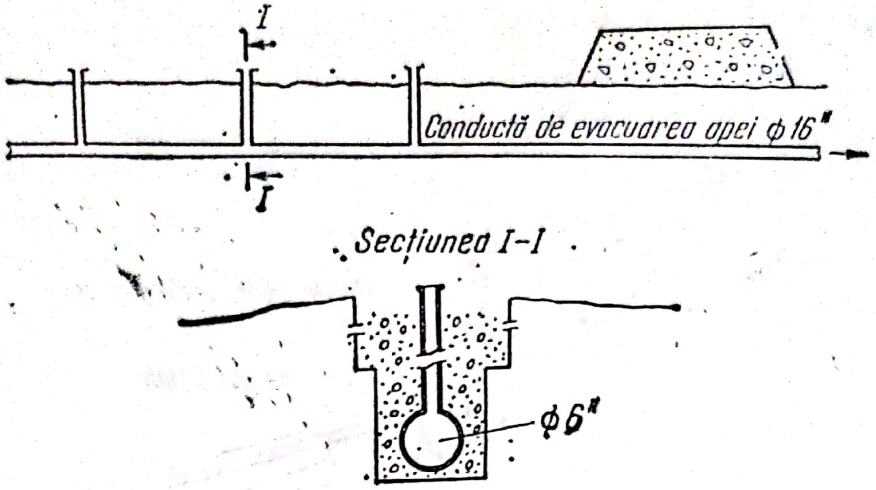


Fig. III. 38. Sistemul de evacuare a apei decantate — profil și secțiune

superior următor și operația continuă. Cînd sterilul a ajuns la nivelul *III* — cel mai de sus — eșafodajul este complet îngropat în steril — se încetează operația, lăsînd tronsonul respectiv în repaus pentru consolidare.

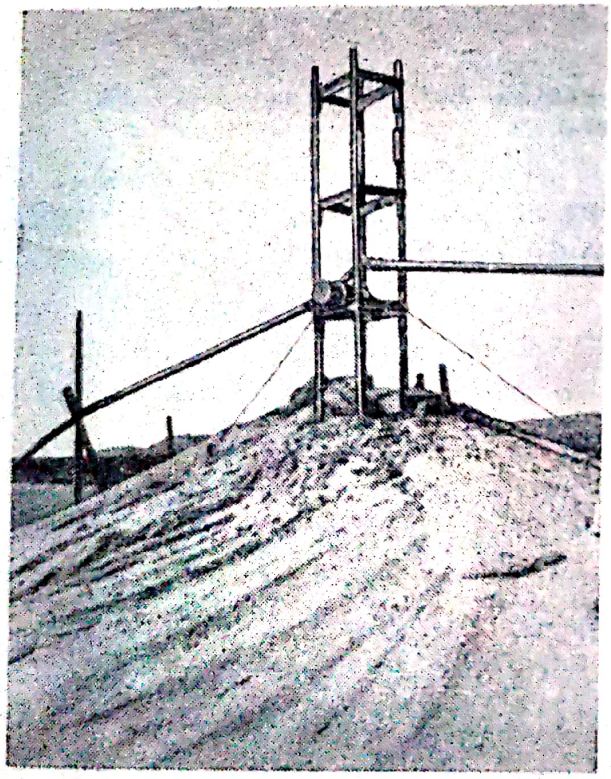


Fig. III. 39. Eșafodaj din lemn cu 3 niveluri; hidrociclonul suspendat la nivelul inferior.

Cînd înălțimea bermei a atins circa 15,00 m, iar conducta de racord a ciclonului cu conducta de deversare a ajuns, prin adăugiri repetate la o lungime de circa 45,00 m (panta taluzului sterilului depus avînd circa 18°), se procedează la ridicarea conductei deversoare la un alt nivel; (fig. III. 40) în acest scop se izolează tronsonul respectiv, lăsîndu-l în repaus să se consolideze, astfel încît să permită circulația utilajului greu (buldozer și macara) necesar operațiilor impuse de mutarea conductei deversare și a cicloanelor la o altă cotă.

Metoda alcătuiri tronsoanelor permite ca prin rotație fiecare

Scanned with OKEN Scanner

tronson să rămînă în repaus pe o perioadă suficientă pentru ca sedimentul să se consolideze și să ajungă la un înalt grad de stabilitate.

Cu ajutorul buldozerului se nivelează conurile de steril amenajînd un drum de circa 10,00 m lățime : cu ajutorul macaralei se transferă în secțiuni conducta deversoare pînă la 1/2 din distanța la noul drum apoi se deplasează macaraua la noul drum de unde ridică secțiunile de conductă și le plasează pe fața drumului, asamblînd astfel conducta deversoare la noua cotă.

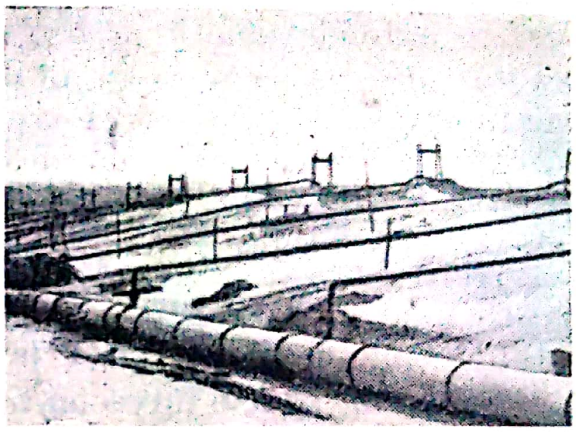


Fig. III. 40. Conductă deversoare : conductele de legătură cu cicloanele se ridică la alt nivel. Sedimentul din sterilul depus cu hidrociclonul are panta taluzului de 18°.

Datorită faptului că berma este la o înălțime mare deasupra oglinzii șlamului, distanța între cicloane s-a mărit la 17,00 m ; această distanță se va păstra tot timpul exploatării iazului. La prima treaptă (bermă) cicloanele au fost plasate la 8,50 m din cauză că digul de amorsare avea în foarte multe locuri o înălțime foarte redusă.

Odată instalată conducta deversoare pe bermă, se înalță noi eșafodaje înalte de 4,50 m (cu 3 niveluri) amplasate la 13,00 m distanță de conducta deversoare ; această distanță se va păstra și la bermele următoare. Se conectează cicloanele (plasate pe nivelul inferior), reîncepînd un nou ciclu operațional.

Aducțiunea tulburelii se face numai prin gravitație; pentru cicloane la o presiune de regim de 17 p.s.i. (1,1952 kgf/cm²) este suficientă cu o uzură minimă a conductelor. Pe măsură ce înălțimea bermelor crește, se elimină cutiile de rupere de pantă.

Laturile de nord și de sud ale conductei de aducțiune nu vor fi folosite simultan decît atunci cînd suprafața digului va fi suficient de mare.

Sistemul de evacuare a apei decantate funcționează prin gravitație ; două conducte cu diametrul de 16″ conduc apa pe sub dig într-o conductă de 24″ care debușează în două batale de decantare, avînd fiecare o suprafață de circa 100 × 50 m și 3,00 m adîncime ; din aceste bataluri apa trece în lacurile de limpezire și acumulare.

Pe fiecare conductă de evacuare (∅ 16″) se țin deschise în permanență două sonde inverse care se înalță alternativ prin manșoane de circa 0,60 m.

Toate operațiile de întreținere, transportul țevilor, materialul lemnos, montajul eșafodajelor, instalarea și conectarea cicloanelor

Scanned with OKEN Scanner

sînt efectuate de o echipă de 6 oameni + 1 supraveghetor experimentat.

Considerații critice. Așa cum se observă în fig. XII.6, taluzul și digul rezultat din sterilul hidrociclonat prezintă ineregularități, iar structura sedimentului este neomogenă, datorită distanței mari dintre hidrocicloane.

Pe de altă parte, unghiul de taluz mic de 18° implică o retragere pronunțată spre interiorul iazului, ceea ce face ca bermele și carcasa din steril să se extindă deasupra unei mase fluid-vîscoase (neconsolidată). Digul de centură astfel realizat — în mod empiric — nu prezintă siguranță nici din punct de vedere al impermeabilității și nici ca rezistență, carcasa de sediment consolidat neavînd o grosime suficientă ca să reziste presiunilor laterale ale masei fluid-vîscoase, atunci cînd iazul se înalță la mare înălțime.

Deși în zonele învecinate nu există așezări omenești, totuși în caz de avarie — provocată de eroziune sau cutremur, revărsarea unei mase de șlam de ordinul a sute de milioane de tone reprezintă o adevărată catastrofă, blocarea văilor și inundarea teritoriului adiacent.

Sistemul de ciclonare de la Magma este aplicat identic și la Inspiration Consolidated Copper Co. — Winkelman, Arizona — H.R Dahlberg [17].

* * *

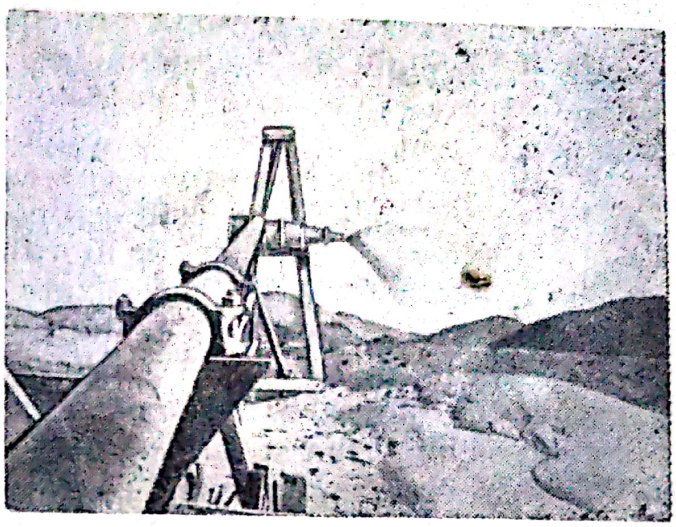
De asemenea, la Tyrone, New Mexico — S.U.A., Philips Dodge Corporation, sterilul provenit din îngroșătoare este ciclonat pentru înlăturarea șlamului și reținerea nisipului folosit la construirea digului — W. H. Keener [17].

Aproximativ 45 000 t/zi tulbureală cu 25% suspensii solide (0,50%⩾0,208 mm — sita 65) sînt îngroșate în 8 îngroșătoare — 4 cu tracțiune și 4 cu cuplu de torsiune; suprascurgerea cu 45% suspensii solide curge prin gravitație printr-un ghidaj de beton cu azbest (∅ 30″) pentru distribuție printr-o serie de cutii de rupere de pantă, în rețeaua de hidrocicloane (fig. III. 41, *a b, c*).

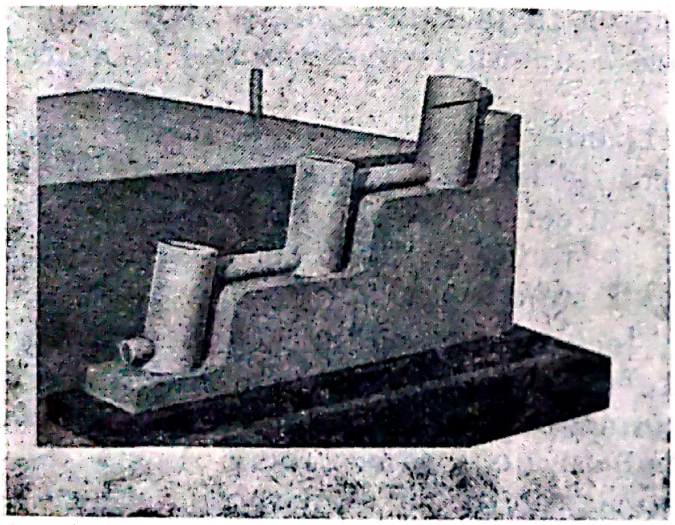
Este prevăzut cîte un „by-pass" pentru folosirea prin rotație a diferitelor secțiuni din perimetrul iazului.

La folosirea cicloanelor este necesar să se mențină o diferență de nivel care să asigure presiunea de funcționare. Aceasta se obține prin atașarea unei piese de tranziție în formă de S la intrarea și ieșirea conductei cu diamaterul de 30″ în fiecare cutie. Cutia este apoi umplută cu beton încastrînd S-ul, adăugînd o coloană hidrostatică de 3,50 m, ceea ce rezultă într-o presiune dinamică de 3,00 pînă

Scanned with OKEN Scanner



a



b

c

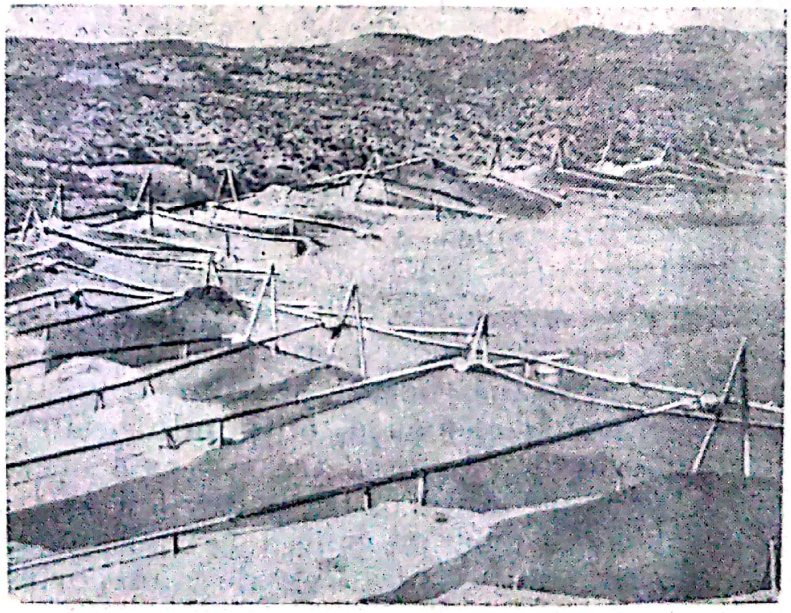


Fig. III. 41. Sistem de hidrocicloane :
a — tulbureala curge spre iaz pe conductă și cutii de rupere de pantă ; *b* — cutie model pentru disiparea energiei ; *c* — iazul și rețeaua de hidrocicloane pe treplede.

Scanned with OKEN Scanner

la 3,50 kgf/cm² în conducta principală. Pentru funcționarea ciclonului, o presiune de 0,80 pînă la 1,00 kgf/cm² asigură o separare satisfăcătoare și un efluent de o consistență adecvată, prin reglarea evacuării cu o garnitură ajustabilă din cauciuc.

Conducta de repartiție este plasată pe marginea interioară a unui drum de serviciu și este echipată la ficare 17,00 m cu teuri și vane cu diametrul de 4" cu cep lubrifiat — care fac legătura cu cicloane cu diameterul de 10" prevăzute cu conductă tot de 4" pentru suprascurgerea șlamului la distanță în iaz. Cicloanele sînt montate pe trepiede de 5,00 m cu 3 niveluri, fiecare nivel fiind prevăzut cu găuri pentru montarea cicloanelor pe măsură ce crește nivelul sterilului sub ciclon. Cînd sterilul a ajuns la limita superioară a trepiedului se instalează un nou trepied la o distanță care să asigure un taluz cu panta de 3/1 pe fața externă a digului; firește, înclinarea taluzului poate fi puțin mărită sau micșorată în funcție de poziția trepiedelor și printr-o adecvată reglare a distanței materialului la ieșirea din ciclon.

Cînd depunerea a ajuns la 11,00—13,00 m deasupra cotei conductei de distribuție cu diametrul de 30", se pune în funcțiune un alt tronson de cicloane, lăsîndu-l pe cel anterior în repaus temporar pentru consolidarea și nivelarea sterilului cu buldozerul, și reinstalarea rețelei de cicloane la o cotă superioară.

Cicloanele se confecționează local din tablă subțire și sînt căptușite cu cauciuc, inclusiv scurgerea; deflectorul este din oțel cu nichel; legătura cu conducta de alimentare a ciclonului este mecanică, dar legătura între ciclon și conducta de suprascurgere constă dintr-un furtun de cauciuc. Cicloanele din tablă subțire sînt ușor de manipulat și nu au prezentat uzură în 3 ani de exploatare, cu excepția deflectorului.

Temperatura mediului ambiant coboară la — 18°C (0°F), făcînd necesară protejarea ventilelor cu un ingredient spumos.

Operația de hidrociclonare pentru separarea sterilului folosit la construirea digului cu retragerea în aval a taluzului exterior, este aplicată pe scară întinsă și în Vancouver, British Columbia — Canada — Earle J. Klohn [17] — Minele Brenda — cupru și molibden exploatare la zi — 30 000 t/zi. Se recomandă o exploatare îngrijită spre a evita încorporarea sloiurilor de gheață în dig, care prin topire avariază structura digului. Din cauza naturii sterilului este necesară dubla ciclonare, obținîndu-se 40% nisip și un dig cu panta taluzului de 1/4; pentru aceasta sînt necesare viteze mari care au cauzat o importantă uzură a țevilor de transport. Acest neajuns a fost înlăturat prin înlocuirea țevilor metalice cu țevi din material plastic, care sînt și mai ușor de transportat și montat.

Scanned with OKEN Scanner

Folosirea cicloanelor la minele Gibraltar — British Columbia — Canada, cupru 40 000 t/zi impune ca depozitul de steril să aibă o capacitate de înmagazinare de 220 000 000 t. Pentru construirea digului se folosesc două rînduri de cicloane instalate pe creasta digului; un rînd construiește taluzul din aval, iar celălalt construiește taluzul din amonte. Ciclonarea se face o singură dată obținînd 70% nisip; taluzul 3,5/1 la coronament și 4,5/1 la baza digului.

În ceea ce privește nisipul pentru construirea hidraulică a digului, acesta trebuie să conțină mai puțin ca 60% particule mai mici ca 0,074 mm — sita 200 — G.T. Sazonov [17].

Ciclonarea sterilului este aplicată de asemenea și de către Kennecott Copper Corpor. — Salt Lake City, Utah[1] — Milton Lagergren [17] și de Ozark lead Company, Missoury — S.U.A. Arthur W. Griffith [17].

În continuare se dă performanța ciclonării (Ozrak):

Sita		Intrare în cilcon solid 20%		Ieșire ciclon solid 65%	
Mesh.	mm	Greutate, %	Cumulativ, %	Greutate, %	Cumulativ %
+ 48	0,295	0,0	0,0	0,0	0,0
+ 65	0,208	7,5	18,5	18,5	18,5
+ 100	0,147	8,4	15,9	19,6	38,1
+ 150	0,124	9,9	25,8	23,5	61,6
+ 200	0,074	12,2	38,0	18,9	80,5
+ 270	0,053	9,5	47,5	9,6	90,1
+ 400	0,037	13,1	60,6	7,4	97,5
+ 400	0,037	39,4	100,0	2,5	100,0

Observație. Timp de 4 luni de iarnă cicloanele nu se folosesc, iar în restul anului numai 60% din timp; încolo sterilul este deversat direct în iaz.

La White Pine Copper Company — Michigan S.U.A. hidrocicloanele sînt folosite pentru separarea nisipului necesar umplerii sîmburelui digului fiind instalate pe platforma vagonetului, formînd o remorcă trasă din loc în loc pe coronamentul din amonte (fig. III. 42); ele distribuie nisipul care iese din cicloane formînd umplutura dintre digurile aval și amonte. Suprascurgerea cicloanelor care conține 3—10% solid este deversată în iazul din amonte pentru decantare.

Digurile din aval și amonte sînt construite din pămînt presat și se înalță în aceeași cadență cu umplerea cu nisip provenit din cicloane.

[1] În anul 1968 am vizitat exploatarea la zi Bigham Canyon Utah (cea mai mare din lume) în curs de amplificare a producției de la 300 000 pînă la 400 000 t/zi.

Scanned with OKEN Scanner

F. DEPOZITAREA SUBMARINĂ A STERILULUI

În pofida reglementărilor menite să protejeze mediul ambiant au fost puse în aplicație în anul 1971 proiecte de depozitare submarină a sterilului și anume în Filipine — Toledo City Insula Cebu, Strîm-

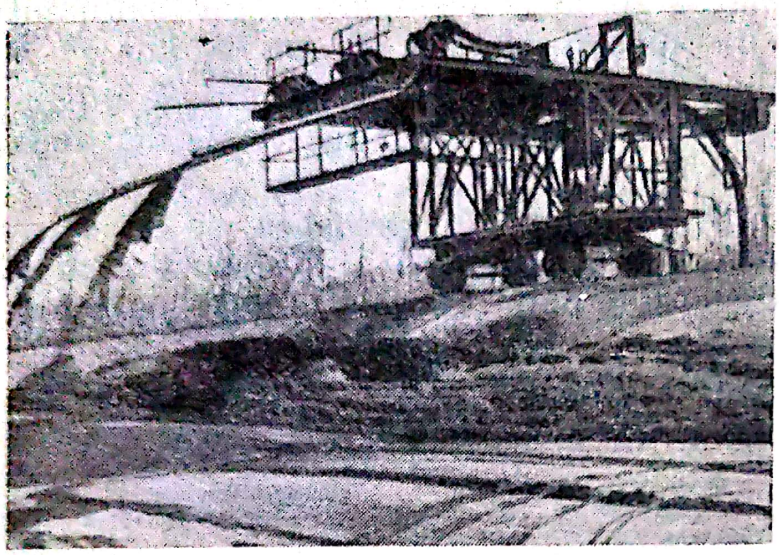


Fig. III. 42. Cicolane montate pe platforma vagonetului. Whitepine Copper Comp. Michigan [17].

toarea Tanan și în insula Vancouver — golful Rupert — Columbia britanică.

In Filipine soluția s-a impus deoarece insula Cebu este bîntuită în fiecare an de taifun cu ploi torențiale iar topografia reliefului din vecinătatea exploatărilor de minereul complex de la Dascon și Bigacon este improprie creării de iazuri [98].

Cantitatea de steril evacuată zilnic:

De la Dascon 35 000 t/zi la Ibo (punctul de deversare) 14,50 km pe două conducte cu diametrul de 20 și 12″ (alăturate pe un suport comun) transportul s-a efectuat prin gravitație cu o pantă medie de 1,06%; cu viteze cuprinse între 2,13 și 2,28 m/s steril 46,50% în greutate; presiunea la descărcare 2,52 at pentru conducta de 20″, iar cea de 8″ la presiunea atmosferică.

De la Bigacon 32,500 t/zi la Ibo $\approx$ 20 km pe două conducte cu diametrul de 18 și 16″ (alăturate pe un suport comun transportul s-a efectuat prin gravitație cu o pantă medie de 1,20% cu viteze între 2,06 și 2,13 m/s; steril[1] 45%; presiunea la descărcare 2,93 at, respectiv 1,70 at.

[1] La Chuquicamata — Chile — tulbureala cu 45—50% steril de minereu complex este transportată prin gravitație cu pantă de 0,80%.

Scanned with OKEN Scanner

Cele 4 conducte se întîlnesc într-un punct și traversează un munte printr-un tunel lung de 920,00 m apoi pe o pasarelă de 525,00 m, la punctul de descărcare Ibo.

Granulometria sterilului de la îngroșătoare

Sita, mm	Refuzul mediu, %		Observații
	Dascon	Bigacon	
+ 48	11,2	13,0	Greutatea specifică 2,65 g/cm
+ 65	18,5	22,6	
+ 100	26,4	33,2	*p*H este cuprins între 7,60 și 7,80
+ 200	43,1	50,6	Viteza de sedimentare 72 mm/h
+ 325	49,9	58,9	
— 325	100,0	100,0	

Pentru a evita sifonarea, conducta trebuie să fie peste tot sub gradientul hidraulic. Alte considerente: panta maximă 15%; raza de curbură minimă 50,00 m; un rezervor de apă de 2 800 m³ situat la o cotă superioară, servește la spălarea conductei în timpul opririlor instalației sau pentru completarea debitului de tulbureală cînd scade tonajul prelucrat.

Conductele sînt prevăzute pe traseu cu teuri de descărcare fortuită; la descărcare — terminus — sînt prevăzute cu vane de 2—7″ pentru reglarea debitului, iar pe traseu, în diferite puncte, sînt echi-

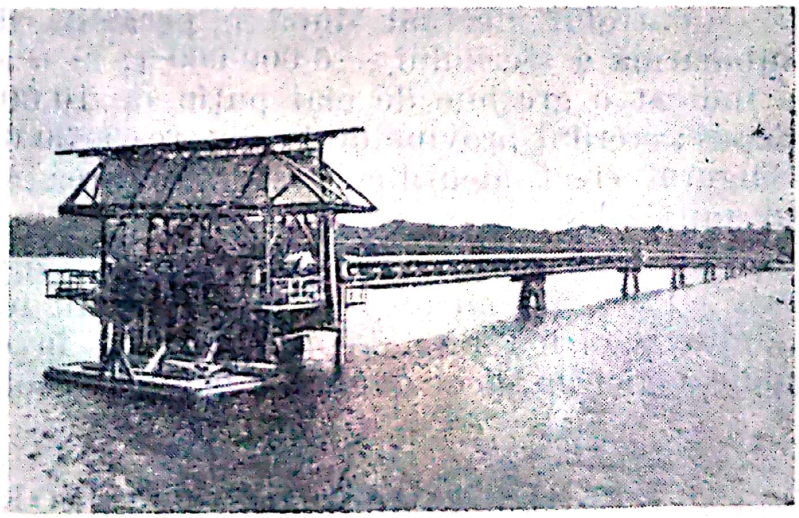


Fig. III. 43 Punct de deversare cu pasarela și platforma de lucru [17].

pate cu tuburi Venturi pentru reglarea vitezei prin reducerea gradientului hidraulic.

Descărcarea conductelor se face la 10,00 m sub nivelul apei, la o distanță de 525,00 m de plajă, unde adîncimea minimă este de 30,00 m (fig. III. 43). Punctul de deversare este prevăzut cu pasarelă

și platformă de lucru. Se fac analize granulometrice din oră în oră, atît la plecare, cît și la descărcare și se comunică prin radio, pentru comparație în vederea detectării înnisipărilor sau avariilor pe traseu.

Măsurarea vitezelor pe traseu se face cu ajutorul izotopilor radioactivi, sub controlul și cu personalul comisiei guvernamentale pentru energie atomică.

Uzura conductelor se determină periodic cu aparatul Krakaut-kramer (ultrasonic — special calibrat pentru măsurarea grosimii pereților) : uzura este mai prounțată unde panta depășește 5% sau unde secțiunea conductei este redusă prin acumularea de aer, ceea ce sporește efectul abraziv al sterilului grosier. De aceea se studiază înlocuirea tuburilor Venturi prin introducerea cutiilor pentru ruperea pantei ; obținînd astfel regimul de viteză optim. Uzura are loc pe un segment de 1/3 din circumferință, pe partea de jos a conductei și se practică rotirea conductelor. Nu s-au constatat efecte dăunătoare ambianței marine ; nu s-au observat suspensii solide la fața apei.

În Vancouver s-a elaborat în faza preoperațională un studiu (de către Universitatea din Columbia britanică) din punct de vedere al mediului ambiant, comparînd depozitarea terestră și submarină a sterilului. S-a stabilit profilul fundului zonei de depozitare, turbiditatea, culoarea, transparența, temperatura, *p*H-ul, salinitatea, alcalinitatea, conținutul de sulf și de metale grele dizolvate ; în afară de parametrii chimici anorganici s-a studiat flora și fauna golfului Rupert [99, 100 și 101].

Controlul efectuat după o perioadă de 8 luni de depozitare submarină a sterilului — 6 000 000 t, la o adîncime de 130,00 m — a indicat o grosime de mai puțin de 10,00 m a stratului de steril depus ; sterilul provine de la flotarea a 30 000 t/zi minereu cuprifer. Singurul efect identificat este sufocarea organismelor care trăiesc în mîlul batial.

Limitele maxime de concentrație (impuse de „Controlul poluării") Pb și Zn nu au fost depășite ; au fost depășite însă limitele admise pentru Cu și Mo dizolvat, dar investigațiile efectuate n-au indicat nici un efect dăunător balanței ecologice în zona respectivă.

G. STABILIZAREA DEPOZITELOR DE STERIL DIN MINERALE ÎNAINTE ȘI DUPĂ ABANDONARE

Emfaza ce se pune pe reglementările privind protecția mediului ambiant, fac ca abandonarea depozitului de steril să fie unul din factorii cheie la proiectarea acestuia.

Scanned with OKEN Scanner

Proectul va trebui să prevadă stabilizarea taluzurilor și bermelor pe măsură ce depozitul se înalță.

Obiectivele primare ale stabilizării depozitelor de steril sînt :

- *Să mențină cadrul natural, respectiv protecția peisajului*
- *Să fixeze praful prin stabilizarea vegetală ca să nu mai poată fi dislocat de vînturi*
- *Să folosească plante care să nu necesite irigare și întreținere*
- *Să minimalizeze eroziunea și totodată să împiedice contaminarea aerului, terenurilor și poluarea surselor de apă învecinate*
- *Să fie reconvertite în obiective utile din punct de vedere economic. In acest scop s-au elaborat și aplicat în multe părți metode folosind procedee de stabilizare fizică, chimică, vegetală și combinată, spre a preveni poluarea aerului și apei provenind din acumulările de steril cu granulometrie fină*
- *Experiența a arătat că, exceptînd sterilele prea acide, bazice sau saline, se poate obține o stabilizare satisfăcătoare cu costuri sub 10 dolari/ha*
- *Prin aplicarea tehnologiei elaborate de Biroul minelor american stabilizarea chimică vegetală efectivă a sterilelor prăfoase se poate realiza cu costuri între 2,50 și 5,25 dolari/ha*

Procedee de stabilizare. Principalele metode de stabilizare a sterilelor sînt :

- *Fizice* : acoperirea sterilului cu pămînt sau alte materiale care să-l rețină sau paravînturi
- *Chimice* : folosirea unui material care să se combine cu particulele fine ale sterilului ca să formeze o crustă
- *Vegetale* : cultivarea de plante pe toată suprafața depozitului, inclusiv pe taluzuri

1. Stabilizarea fizică

Materialele cele mai uzitate pentru stabilizarea sterilelor cu granulație fină sînt rocile și pămînturile din apropiere.

Pămîntul are dublu avantaj, deoarece pe lîngă o acoperire eficientă oferă și posbiilitatea unor culturi vegetale adecvate regiunii respective. Uneori se folocește și zgura granulată.

Scanned with OKEN Scanner

2. Stabilizarea vegetală

Aplicarea procedeului cu plantații vegetale implică ameliorarea unor factori adverși ce caracterizează în general sterilele de la prepararea minerală:

1) *Deficiențe în substanțe nutritive pentru plante*
2) *Conținut excesiv de săruri și foarte toxice la metale grele*
3) *Nisipuri neconsolidate care luate de vînt distrug plantele tinere prin bombardare sau îngropare*
4) *Lipsă de populații microbiene*

Plantațiile vegetale nu au dat rezultate în regiunile sărace în precipitații (Arizona — S.U.A.) adăugîndu-se la aceasta și nocivitatea și aciditatea sterilului.

Mai sînt și alți factori antagoniști, deși nu esențiali, dar care totuși complică procedeul vegetal:

1) *Orientarea plantelor față de radiațiile solare* — s-a constatat că fotosinteza plantelor nu este continuă cînd soarele strălucește (aproape încetează pe arșiță)
2) *In general, sterilul este albicios (cuarțul) și reflectă radiații în exces pe suprafețele plantelor, intensificînd eforturile fiziologice.* Pentru aceste considerente vegetația care poate fi întru totul corespunzătoare pentru *versanții nord* și *est* nu poate fi edecvată pentru *versanții sud* și *vest*

Idealul este ca vegetația să creeze un covor autoregenerator, stabilind o succesiune ecologică în armonie cu mediul ambiant și să nu necesite irigație sau îngrijire.

Astfel, Miami Copper Co (Miami-S.U.A.) a acoperit sterilul cu 10 cm pămînt și s-a însămînțat obținînd o viguroasă vegetație.

Bureau of Mines — Salt Lake City-U.S.A. studiază interacțiunea fertilizatorilor cu mineralele grele și sărurile din steril, precum și selecția speciilor vegetale — plantele mai indicate sînt: trifoiul, alfa-alfa, grîul iernatic, secara, stuful; hameiul a crescut satisfăcător în sterile cu $pH = 3{,}00$. Stabilizarea microvegetală cu plante microscopice, ca algele, lichenii și mușchiul; criptogamele au fost folosite cu succes pe sterilul de uraniu, argilă și cupru, în condiții climatice diferite.

Din studierea efectului salinității a rezultat că prin rambleierea sterilului se ameliorează neajunsurile salinității.

Scanned with OKEN Scanner

Efectele sărurilor de metale grele. Sulfaţii de cupru nu sînt prea nocivi. 1 000 ppm cupru au puţin efect; peste 100 ppm nichel sînt toxice; idem, peste 10 ppm zinc sînt toxice.

*p*H-ul. Sterilele bazice şi acide nu favorizează creşterea vegetaţiei şi trebuie neutralizate cu acid sulfuric şi adaos de var, dacă nu necesită cantităţi mari.

Plantaţiile vegetale [1] se folosesc şi la desecarea şlamurilor de fosfaţi. Plantarea de arbuşti şi arboret consolidează taluzurile depozitelor de steril.

La abandonarea unui depozit de steril se va investiga mai întîi posibilitatea folosirii sterilului în diferite scopuri economice şi apoi căutarea metodei mai eficace de stabilizare prin colaborarea specialiştilor din minerit, agricultură şi construcţii.

Fig. III. 44. Stabilizarea vegetală a taluzului la iazul flotaţiei centrale Baia Mare.

3. Stabilizarea chimică

Stabilizarea chimică implică reacţia între sterilul mineral şi un reagent spre a forma o crustă rezistenţă la agenţii externi, încercată cu jet de apă, aer. Chimicalele au neajunsul că nu constituie un mijloc de stabilizare aşa de permanent ca acoperirea cu pămînt sau vegetaţie. Totuşi, chimicalele sînt indicate acolo unde vegetaţia nu creşte, fie din cauza climatului aspru, fie din cauza nocivităţii sterilului sau din lipsa accesului la pămîntul necesar acoperirii.

Şaptezeci de chimicale au fost încercate în laboratoarele Bureau of Mines — S.U.A.; materialele selectate au fost încercate în loturi la scară normală şi încercările sînt încă în curs de definitivare.

---

[1] Aşa cum s-a arătat în textul lucrării, prin înierbare s-a obţinut stabilizarea taluzurilor din steril la Capnic, Băiuţ, Săsar şi Flotaţia Centrală Baia Mare (fig. III.44).

Concluziile generale sînt următoarele:

1) *Coherex*-ul (un adeziv răşinos) produce o crustă rezistentă la vînt, costînd 0,01 dolari yard-ul păstrat (1 yd = 0,9144 m), dar pentru o crustă rezistentă la jetul de apă costul este 0,10 dolari /yd²
2) *Lignosulfanatul de calciu, amoniu şi sodiu, ca extractul din scoarţa de santal,* sînt stabilizatori eficace; 0,20 dolari/yd²
3) *Cimentul şi adezivii de lapte de var*: 0,02 dolari/yd² stabilizat
4) *Baracol S 1461* (*amestec de ceară şi răşină*) } 0,04—0,10 dolari/yd² stabilizat
   Paracol Tc 1842 (*emulsie de răşină*) }
5) *Silicaţii de potasiu* avînd SiO_2—K_2O în proporţie de 2,5 sînt eficace: 0,07—0,15 dolari/yd² stabilizat
6) *Emulsia de neopren cationic şi hezosol* (*un polimer organic*) au stabilizat efectiv sterilul; 0,08 dolari /yd²
7) *Silicatul de sodiu* aplicat în cantitate de 4,5 livre/yd² stabilizat costă 0,11 dolari 1 yd², dar adaosul a 6% (în greutate) de $CaCl_2$ la silicatul de sodiu a redus costul metodei de la 0,11 la 0,02 dolari/yd²
8) *Peneprime* (*produs pe bază de bitumen*) *amine selecţionate şi silicat de calciu* — $Ca_3Si_3O_9$ — *şi polimeri elastomerici* (Compound SP-400, Soil ard, DCA-70) au produs suprafeţe rezistente la vînt şi apă, la costul de 0,10 dolari/yd²
9) *Stabilizatori ineficaci*: pirita tratată cu acid sulfuric, Aerospray Binder 52 (o răşină sintetică), Landscape (soluţia unei sulfuri) şi Water Mate (un produs organic anionic)

4. Stabilizarea chimico-vegetală

Este un sistem combinat; sămînţa de plante este amestecată cu rumeguş de lemn, cu un adeziv răşinos, cu fertilizator şi apă şi se pompează printr-o duză pe suprafaţa versanţilor — operaţie denumită hidroînsămînţare. Vegetaţia astfel obţinută a susţinut în mod satisfăcător suprafeţele bermelor rezistînd la vînt şi eroziune. Pe măsură ce depozitul se înalţă, acelaşi procedeu se aplică în mod succesiv bermelor respective; se realizează totodată şi menţinerea peisajului ambiant în condiţii estetice.

Peletizarea sterilelor. Dimensiunile 3/8″ şi 1/8″ conţinînd 92,40% steril, 6,60% nămol de canal şi 1% liant chimic (Coherex

Scanned with OKEN Scanner

sau Parcol TC 1842, ambii adezivi răşinoşi) amestecate stabilizează taluzurile de steril deoarece ajută creşterea unei vegetaţii abundente.

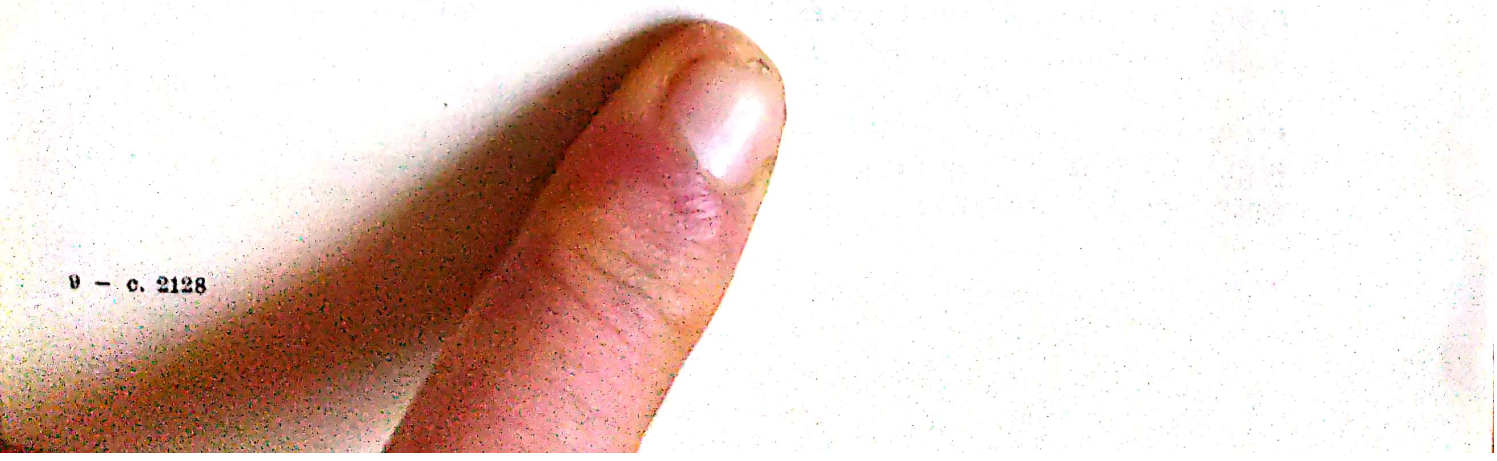
Lucrările de cercetare în curs — Bureau of Mines — Salt Lake City, Utah — S.U.A. După ce s-au aplicat cu succes şi s-au răspîndit metodele de stabilizare a sterilului, atenţia s-a concentrat asupra reducerii costului întreţinerii, în special pentru stabilirea unor vegetaţii adecvate sterilelor cu exces de salinitate şi aciditate.

Sînt în curs de efectuare lucrări pentru reducerea costului întreţinerii prin reducerea procentajului de fertilizator folosit la loturile vegetale. De asemenea se continuă cercetarea pentru sprijinirea culturilor vegetale cu ajutorul pămînturilor sintetice obţinute din steril cu adaos de nămol de canal

Lucrări de cercetare în Europa:

1) *Cercetătorii elveţieni* au izbutit prin cultivarea pipirigului să reducă în mod simţitor conţinutul de ioni CN^-. Astfel, o plantă foarte comună poate contribui atît la stabilizarea taluzurilor, cît şi la epurarea apelor.

2) *În Republica Federală Germania* s-au obţinut bune rezultate cu produsul Hühll-80, dispersîndu-se un amestec de mai mulţi compuşi organici împreună cu seminţe de ierburi. Rezultă un gel care fixează particulele mobile, oferind seminţelor un mediu adecvat germinării. Acest strat superficial reţine umiditatea şi permite respiraţia, amorsînd procesul de solificare şi înierbare.



Scanned with OKEN Scanner

Capitolul

IV

CONSIDERAȚII CU PRIVIRE LA DIGURI, TRANSPORTUL STERILULUI, MATERIALE DE CONSTRUCȚIE A POMPELOR ȘI TRĂSĂTURILE PRINCIPALE PRIVIND PROIECTAREA POMPELOR DE TULBUREALĂ, HIDROELEVATOARE, HIDROCICLOANE, ÎNGROȘĂTOARE, DECANTOARE CENTRIFUGE

A. DIGURI DIN STERIL

1. Stabilitatea digului și a fundamentului

Atît stabilitatea digului, cît și a fundamentului, trebuie evaluate. În sedimentul depus (rambleu) și în fundamentul său, rezistențele la forfecare sînt în funcție de înălțimea depusă, de greutatea specifică a sedimentului, de panta taluzului digului și de presiunea apei.

Cel mai abrupt taluz (cea mai mare pantă) admisibil depinde de rezistența la forfecare a sedimentului și (sau) a solului sau rocii din fundament, greutatea specifică a materialului, înălțimea sedimentului și de distribuția presiunilor apei.

Compactarea și drenarea au o influență considerabilă asupra stabilității și deci asupra pantei taluzului din aval [25]. De exemplu, dacă un taluz într-un nisip afînat, saturat și cu un unghi de frecare interioară de 30°, are un factor minim de siguranță de 1,3, taluzul rezultat din calcul este de 13° (4,2 :1). Dacă nisipul este compactat astfel ca unghiul de frecare interioară să crească la 38°, unghiul de taluz corespunzător este 18,5° (3 :1).

Dacă flancul acestui taluz este drenat astfel ca nivelul apei să coboare la nivelul piciorului, unghiul de taluz pentru un factor de siguranță de 1,3 devine 31° (1,7 :1). În aceste calcule nu s-a ținut cont de seismicitate.

Scanned with OKEN Scanner

După ce s-a stabilit secţiunea digului, metoda de construire, proprietăţile fizice şi mecanice ale materialului digului şi fundamentului, se efectuează o analiză pentru evaluarea cantitativă a stabilităţii.

Se selecţionează prin metoda aproximaţiei succesive o suprafaţă critică de alunecare *„suprafaţă de încercare"* şi se calculează rezistenţa la forfecare de-a lungul acestei suprafeţe.

Raportul dintre suma forţelor disponibile care se opun deplasării şi dintre suma forţelor de forfecare este factorul de siguranţă. Se analizează mai multe suprafeţe de alunecare. În fig. IV. 1 este prezentată determinarea analitică a forţelor pentru calcularea factorului de siguranţă [17].

Cea mai mică valoare obţinută pentru factorul de siguranţă, la o suprafaţă de încercare, reprezintă factorul de siguranţă al flancului sau combinat al taluzului şi fundamentului-patului.

Pentru digurile de mari dimensiuni se recomandă ca rezistenţa la forfecare să fie determinată sub sarcină dinamică [27].

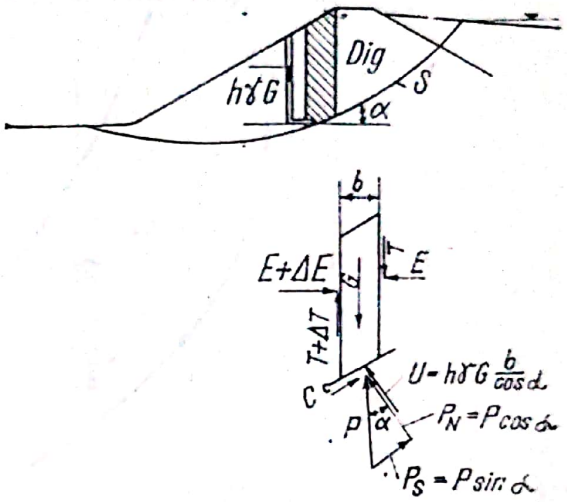


Fig. IV. 1. Analiza stabilităţii prin metoda feliilor:

1 – forţa efectivă normală pe baza feliei $P_S = P_N - U$; forţa de forfecare P_S; rezistenţa la forfecare disponibilă $P'_N \operatorname{tg}\varphi + C$; factorul de siguranţă $\eta = \dfrac{\Sigma P'_N \operatorname{tg}\varphi + C}{\Sigma P_S}$.

Există numeroase metode de analiză a stabilităţii [27, 28 şi 29]. Sînt disponibile programe de calculatoare pentru toate metodele şi permit o calculare rapidă a stabilităţii. O suprafaţă critică de alunecare urmează feliei cu cea mai redusă rezistenţă la forfecare, suprafaţa respectivă prezentînd o alură neregulată (fig. IV. 2).

În regiunile unde au avut loc cutremure de pămînt se ţine seama de influenţa forţelor seismice de acceleraţie asupra stabilităţii [24 şi 30].

Vibraţiile seismice pot cauza lichefierea sedimentelor afînate, saturate sau aproape saturate şi cu granulaţie uniformă, situate la distanţe considerabile de epicentrul cutremurului de pămînt.

S-au prăbuşit diguri situate la peste 170 km de la epicentrul cutremurului de la El Cobre în Chile în 1965 şi avariile digului de la

Scanned with OKEN Scanner

Anchorage, situat la circa 130 km de epicentrul curtemurului de pămînt de la Good Friday — Alaska în 1964.

Şocul seismic este asimilat cu o forţă care acţionează în direcţie orizontală şi este aplicată în centrul de gravitaţie al digului, deasupra unui plan orizontal luat prin dig. Forţa orizontală este $F = M\,a$, în care M este masa structurii de deasupra planului orizontal, iar

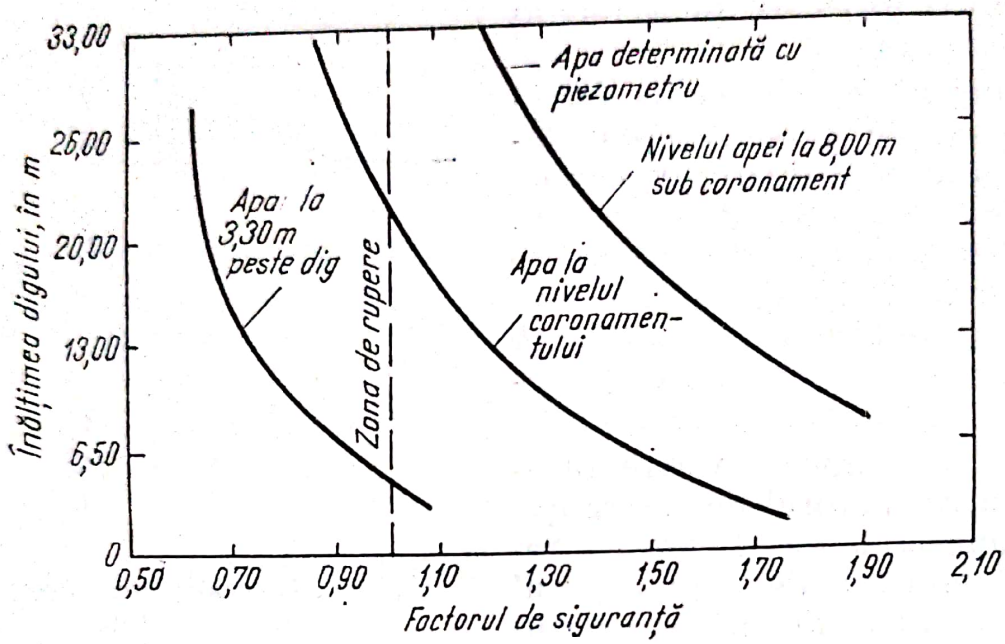


Fig. IV. 2. Relaţia dintre factorul de siguranţă şi conturul piezometric (după Kealy Bush — Bureau of Mines — S.U.A.).

a este luat de 0,75 g pentru roci de fundaţie şi 0,10 g pentru fundaţii de nisip şi pămînt, unde g reprezintă acceleraţia gravitaţiei [31].

Potrivit caracteristicilor cutremurului de la noi din noiembrie 1940, cu epicentrul situat în zona faliei Măcin-Arcul Carpaţilor — şocul seismic al acestui cutremur a acţionat şi în direcţie verticală, cu coborîre bruscă, ceea ce a generat şi eforturi dinamice verticale, care se însumează cu cele orizontale, iar rezultanta lor, are ca efect amplificarea solicitărilor la care este supus depozitul de steril — eforturi de compresiune şi de alunecare (tăietoare).

Din 25 cutremure de pămînt care au avut loc în Niiagata (Japonia), numai trei au cauzat lichefierea nisipurilor afînate (neconsolidate), cînd acceleraţiile au depăşit 0,13 g; în iunie 1964 atingînd 0,16 g — paroxismul — cînd s-a produs o lichefiere extensivă.

În celelalte 22 de cutremure cînd acceleraţiile au avut valori între 0,005 şi 0,12 g, nu s-au produs lichefieri.

Scanned with OKEN Scanner

Studiile efectuate au arătat că avariile au fost mai reduse acolo unde valorile rezistenței la penetrare statică au fost mai mari.

Potrivit datelor disponibile pînă în prezent, cu privire la comportarea digurilor supuse forțelor cutremurelor de pămînt, se constată că sedimentele nesaturate, bine compactate, nu se lichefiază și nu sînt susceptibile să sufere avarii apreciabile în timpul cutremurelor.

În regiunile unde au avut loc cutremure de pămînt, digurile construite după metoda „retragerii taluzului în aval" și compactate, s-au dovedit a fi mult mai sigure decît cele construite după metoda „retragerii taluzului în amonte".

Aliniamentul digurilor trebuie să fie drept sau curbat în amonte ori de cîte ori este posibil. Curbele ascuțite trebuie evitate, deoarece dezvoltă presiuni diferențiale laterale, care cauzează fisuri și crăpături în corpul digului.

Unul din factorii majori la proiectarea digului din steril este alegerea coeficientului de siguranță.

Centrul de cercetări al Departamentului Minelor și Energiei din Canada [32] a propus următorii coeficienți-minimi de siguranță: 1,2 la 1,5 unde pot fi afectate așezări omenești, 1,1 la 1,3 unde nu pot fi afectate așezări omenești.

În regiunile seismice se ia un coeficient de 1,3, considerînd rezistența la forfecare a sterilului egală cu zero, pentru alunecarea pe orizontală a bazei depozitului de steril.

Presiunea gheței pe dig este afectată de astfel de condiții ca: ritmul de creștere al temperaturii aerului (la temperaturi sub punctul de îngheț), grosimea gheței, durata expunerii la radiații solare, curenți sub gheață, zăpada pe gheață acționînd ca izolator, intensitatea și unghiul de incidență a vîntului, flambajul gheții și schimbările nivelului în iaz. Ritmul de creștere al temperaturii gheții este probabil cea mai efectivă condiție de creare a presiunii gheții. Se știe că gheața expandează pe măsură ce se ridică temperatura. O presiune de 1,5 pînă la 2,5 kgf/cm² pe 1 cm grosime de gheață, reprezintă o evaluare conservativă a împingerii gheței, afară de cazul cînd stratul de gheață este incastrat ermetic, cînd presiunea va fi cu mult mai mare.

Factori care afectează potențialul de lichefiere. Potențialul de lichefiere al sedimentelor în timpul perturbațiilor seismice a fost stabilit în mod satisfăcător de către Seed și Idriss [41].

Scanned with OKEN Scanner

Factorii semnificativi sînt :

1) *Tipul de sediment*
2) *Densitatea relativă sau compactitatea*
3) *Presiunea inițială de încastrare „in situ" în momentul supunerii la efortul dinamic*
4) *Intensitatea trepidației solului*
5) *Durata trepidației*
6) *Pe lîngă factorii de mai sus, poziția oglinzii apei — respectiv presiunea asupra apei din interstiții, este extrem de importantă din punct de vedere al potențialului de lichefiere*
7) *O avarie locală în dig, cauzînd dezvoltarea tensiunii în materialele sensibile adiacente*

1) *Tipul de sediment* este caracterizat de distribuția granulometrică a sterilului. Materialele cu granulozitate uniformă, îndeosebi de mărimile nisipului fin, diferențierea tipică a sterilului, sînt tocmai materialele cele mai susceptibile de lichefiere. Pe de altă parte, componența granulometrică a sterilului este la discreția procesului de preparare și ca atare, puțin se poate face pentru a schimba distribuția granulometrică a sterilului spre a-l face mai rezistent la lichefiere.

2) *Susceptibilitatea unui anumit material*, așa ca un steril cu granulozitate uniformă, de lichefiere sau de alunecare, a fost multă vreme socotită ca dependentă în mare măsură de *densitatea relativă sau de compactitatea* acestuia [42]. Cu cît materialul respectiv este mai dens și mai compact, cu atît este mai rezistent la lichefiere.

3) *Presiunea inițială de încastrare* limitează potențialul de lichefiere la partea de sus a materialelor afînate (neconsolidate) dacă asupra lor există o sarcină litostatică.

4), 5) *Atît intensitatea, cît și durata trepidațiilor* nu pot fi atenuate prin nici un fel de mijloace. Dacă un depozit a rezistat la cutremure de mică intensitate și de scurtă durată, aceasta nu vrea să însemne că lichefierea nu se va produce la un cutremur mai puternic.

6) *Poziția oglinzii apei în iaz* sau a curbei de infiltrație afectează simțitor potențialul de lichefiere. Astfel, dacă depozitul de steril are un fundament permeabil ce asigură o drenare efectivă, atunci potențialul de lichefiere este redusă în mod considerabil. Pe de altă parte *un depozit cu o curbă de infiltrații care străpunge taluzul exterior, este mai puțin sigur decît în cazul cînd curba de infiltrații este menținută la un nivel coborît și în interiorul corpului depozitului, prin mijloace de drenare eficace.*

Scanned with OKEN Scanner

Aceste considerente trebuie ayute în vedere la proiectarea digului pentru închiderea incintei iazului de decantare. Astfel :

Sporirea rezistenţei la lichefiere, deci o netă creştere a stabilităţii poate fi obţinută prevăzînd în proiect :

1) *Menţinerea unui nivel de saturaţie redus* şi a curbei de infiltraţie în interiorul digului şi la un nivel cît mai scăzut, accelerînd astfel consolidarea mîlului care este direct proporţională cu disiparea presiunii apei în interstiţii.

2) *Separarea hidraulică* (prin deversarea cu puncte multiple cu robinete sau cu hidrocicloane) a fracţiunilor grosiere şi compactarea acestora la încorporarea lor în dig.

Prin compactarea fracţiunii de nisip în digul construit prin metoda „retragerii taluzului în aval" se poate obţine o structură sigură şi se elimină integral potenţialul de lichefiere.

Dacă digul ete construit prin metoda „retragerii taluzului în amonte" — fără compactare — există condiţiile care adeseori pot genera un potenţial de lichefiere datorit întrepătrunderilor nisipului cu mîlul şi saturaţiei nisipului neconsolidat.

Sporirea densităţii „in situ". *Prin coborîrea nivelului apei în sedimentul depozitat, se sporeşte greutatea efectivă a sedimentului aflat deasupra pînzei piezometrice, sporind astfel sarcina ce apasă pe sedimentul saturat aflat sub nivelul piezometric, diminuîndu-se astfel susceptibilitatea — respectiv potenţialul — de lichefiere.*

Observaţiile critice formulate la discuţii — în cadrul simpozionului internaţional de la Tucson Arizona — 1972 — au invederat faptul că operaţia de compactare cu rulouri vibratoare este foarte costisitoare, iar compactarea cu explozivi este riscantă, deoarece poate provoca lichefierea, îndeosebi a porţiunii superioare şi a versanţilor digului, deoarece nu există o presiune de încastrare (contra presiune) ; în afară de aceasta, în activităţile din domeniul energiei nucleare s-a constatat că este necesară o sarcină litostatică considerabilă pentru ca să sporească rezistenţa astfel încît să nu se producă lichefierea nisipului care suportă sarcina respectivă, condiţii ce nu pot fi întrunite la construirea digului.

Dan Kealy — U.S. Bureau of Mines recomandă ca cea mai economică şi simplă metodă de construire a digului cu retragerea taluzului în amonte şi numai dacă procentajul de particule fine este prea mare, atunci să se folosească altă metodă.

De asemenea este de părere că *lichefierea nu este cauzată numai de şocuri sau cutremure de pămînt, aceasta putînd fi datorită deplasării interne sau tensiunii induse* aşa cum s-a întîmplat la Buffalo Creek — Virginia de Vest S.U.A. (1972).

Scanned with OKEN Scanner

Ambele metode de construire a digului — cu retragerea taluzului în amonte sau aval, pot prilejui avarii prin lichefiere; pentru ambele metode factorul determinant este distribuția granulometrică.

Cheile prevenirii avariilor datorite lichefierii, sînt buna compactare și sedimentul nesaturat.

2. Tasarea digului

Acolo unde digul construit din steril este amplasat de-a curmezișul unei văi, încărcarea verticală — sarcina litostatică — este mai mare la centru — pe talveg — decît la capetele digului — pe versanți. Adeseori și fundamentul digului este compresibil sub sarcina digului.

Ambele condiții pot genera *tasări diferențiale* care produc fisuri și crăpături transversale în dig. Aceste crăpături se datoresc tasării diferențiale a fundamentului și a materialului din dig, ca urmare a unei repartiții neuniforme a sarcinii — încărcare inegală.

La digurile construite după metoda de înălțare cu retragerea taluzului în amonte se constată o predilecție pentru dezvoltarea de crăpături longitudinale. Amploarea tasărilor depinde de înălțimea digului, de adîncimea stratelor compresibile și de indicii de compresibilitate ai rambleului din dig și ai fundamentului. Ritmul de tasare al fundamentului este în funcție de ritmul de înălțare a digului (creșterea sarcinii litostatice), de permeabilitate și de caracteristicile de drenaj ale fundamentului.

Mărimea tasărilor care așteaptă să se producă în dig pot fi evaluate, dar cu aproximație, prin încercări de consolidare in laborator. Aceste valori estimative, trebuie să fie verificate — în situ — în timpul construirii digului.

Fisurile și crăpăturile rezultate din tasarea diferențială pot prilejui eroziuni subterane, cauzînd avarii prin afuiere.

Tasările diferențiale pot avaria de asemenea conductele de evacuarea apei limpezite din iaz, precum și drenurile, din dig sau de sub dig.

Tasările care se dezvoltă în corpul digului pot fi reduse printr-o compactare corespunzătoare. Din fundamentul digului se înlătură în prealabil solurile vegetale și cele cu compresibilitate sporită — dacă nu sînt prea voluminoase.

Dacă tasarea diferențială estimată este importantă ca mărime, atunci coronamentul digului va fi mai înalt, spre a compensa tasarea.

Scanned with OKEN Scanner

3. Circulația apei într-un iaz de decantare

În iazul de decantare apa intră ca tulbureală provenind de la uzina de preparare și ca apă din precipitații — căzută direct, sau adusă din amontele sau de pe versanții bazinului hidrografic. Apa părăsește iazul prin evaporație, prin sistemele de evacuare ca apă limpezită și prin infiltrațiile din taluzul digului și fundamentul iazului.

4. Controlul infiltrațiilor

La proiectarea digului este esențial să se determine infiltrațiile prin dig și fundament. În cazul că sînt admise exfiltrațiile prin corpul digului, rezistența la forfecare a sedimentului din dig va fi mai redusă și în consecință se va adopta un unghi de taluz (în aval) mai mic. Dacă există infiltrații prin fața digului sau prin taluzul exterior (din aval) al digului, iar presiunile hidrostatice depășesc greutatea sedimentului, *există pericolul afuierii*. Aceasta poate duce la eroziuni externe și progresiv la formarea de goluri (tunel) și apoi la prăbușire. Acest mecanism de degradare este foarte periculos și este factorul care a contribuit în cel mai înalt grad la avarierea digurilor. De aceea se impune o grijă deosebită pentru evitarea infiltrațiilor și afuierii în toate elementele componente ale digului.

Dacă apa provenită din exfiltrații este contaminată, trebuie estimată influența ei asupra surselor de apă și terenurilor învecinate, prevăzîndu-se măsurile și mijloacele adecvate pentru încadrarea în limitele admise de reglementările în vigoare.

Curgerea apei și presiunile piezometrice prin dig pot fi determinate analitic — cu ecuațiile lui Laplace — și reprezentate grafic printr-o rețea de curgere, constînd din intersecția ortogonală a liniilor de curent (traseul de curgere), cu curbele echipotențiale (de egală presiune), (fig. IV. 3, *a*, *b*, *c*). Acestea reprezintă contururile piezometrice [8 și 17].

Rețele de curgere se pot obține folosind procedee grafice, metoda analogiei electrice sau modele reduse [33], care au dat rezultate foarte bune, potrivit lucrărilor de cercetare efectuate de prof. Roy E. Williams de la Universitatea din Idaho S.U.A. [169] și de către C. Dan Kealy de la Bureau of Mines-Washington S.U.A. [170].

Dacă studiile indică o infiltrație importantă, este necesar să se prevadă sisteme adecvate de drenaj la piciorul taluzului din aval. Sistemul de drenaj depinde de materialele disponibile, volumul infiltrațiilor, caracteristicile fundamentului și de seismicitatea regiunii. Drenurile vor evita afuierea și infiltrațiile din dig, permițînd totodată taluze mai pronunțate; frînînd infiltrația se evită posibilitatea de

Scanned with OKEN Scanner

îngheț și crearea de lentile de gheață în dig, care sînt însoțite de băltiri la dezgheț.

Dacă fundamentul digului este supus presiunii apei arteziene, pentru a evita afuirea și periclitarea stabilității digului, se recomandă exploatarea prin sonde a pînzei arteziene.

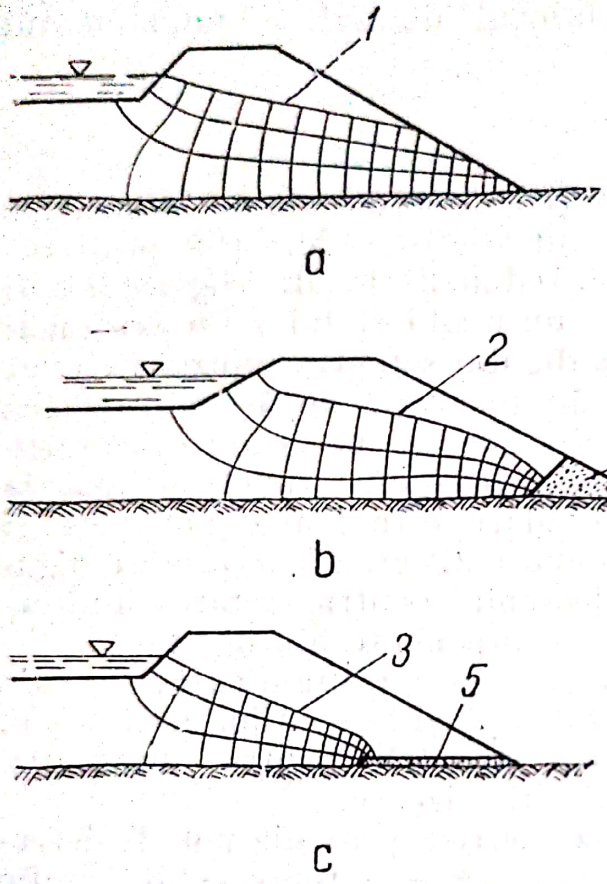


Fig. IV.3. Efectul drenării asupra conturului piezometric:

a — secțiune omogenă fără dren; *b* — secțiune omogenă cu dren; *c* — secțiune omogenă cu pat filtrant; *1* — suprafață freatică; *2* — suprafață freatică coborîtă; *3* — suprafață freatică minimă; *4* — dren; *5* — pat filtrant.

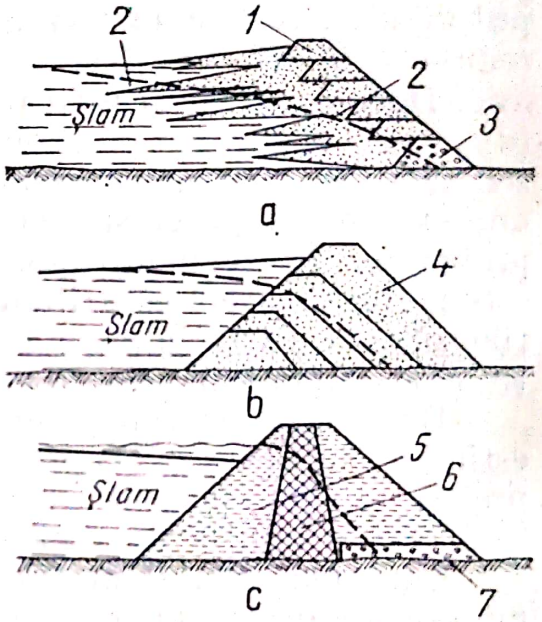


Fig. IV. 4. Conturul piezometric în diferite tipuri de diguri:

a — din nisip cu dig permeabil de amorsare; *b* — din nisip ciclonat; *c* — din material de împrumut *1* — nisip; *2* — curbă de infiltrație; *3* — dig de amorsare; *4* — nisip ciclonat; *5* — materiale permeabile; *6* — miez impermeabil; *7* — pat cu pietriș drenant.

Infiltrațiile sînt mai ușor stăpînite cînd digul este construit din materiale de împrumut cu miez impermeabil, materiale anume selecționate (fig. IV. 4, *c*), [17].

Pentru stăvilirea exfiltrației din taluzul unui depozit de steril se îmbracă taluzul pe porțiunea respectivă cu un dig adiacent construit din material filtrant; acest procedeu a fost aplicat cu succes de „Idarado Mining Comp. Colorado S.U.A.", asigurînd stabilitatea depozitului existent și permițînd înălțarea în siguranță a acestuia (fig.IV.5),[34].

Scanned with OKEN Scanner

5. Stabilirea granulozității materialului drenant

Acest material trebuie să fie suficient de grosier ca să permită ușor trecerea apei, și totuși destul de diferențiat și mărunt ca să împiedice trecerea particulelor fine aduse de apă, în care caz se prevede un filtru adiacent drenului.

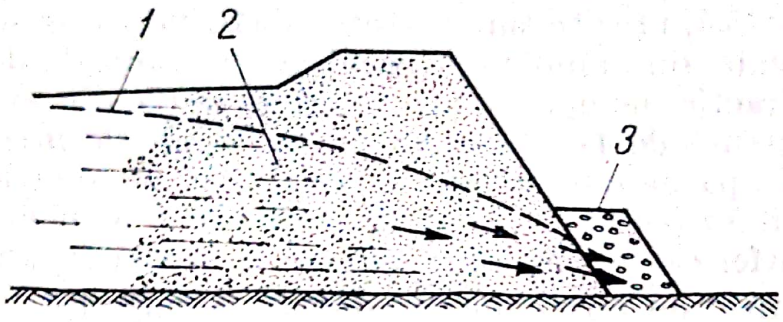


Fig. IV.5. Controlul exfiltrației:
1 — contur piezometric; *2* — steril; *3* — diz permeabil peste conturul piezometric.

Criteriile pentru dimensionarea filtrelor și drenurilor, folosite sînt cele propuse de Centrul de Cercetări Miniere — Canada [32]:

1) $\dfrac{15\%\ din\ suprafața\ filtrului}{85\%\ din\ suprafața\ protejată} < 5$

2) $\dfrac{50\%\ din\ suprafața\ filtrului}{50\%\ din\ suprafața\ protejată} < 25$

3) *Materialul filtrului trebuie să aibă o granulometrie sortată diferențiat* (nefiind admisă lipsa sau excesul unei anumite fracțiuni granulometrice)

4) $\dfrac{15\%\ din\ suprafața\ filtrului}{15\%\ din\ suprafața\ proteajtă} > 5$

5) *Filtrul nu trebuie să conțină mai mult ca 5%, în greutate, particule mai fine decît sita nr. 200 și cele fine trebuie să fie fără coeziune*

6) *Coeficientul de uniformitate al filtrului trebuie să fie egal sau mai mic ca 20*

Pentru a se face față exfiltrațiilor se folosesc sonde de drenare forate în zona marginală din interiorul depozitului de steril. De asemenea, astfel de sonde se amplasează în aval, pentru a intercepta

Scanned with OKEN Scanner

infiltrațiile prin fundament și apa este recircuitată la instalația de preparare.

Cînd apa provenită din sedimentul depozitat conține elemente chimice toxice (cianuri) sau radioactive, stăvilirea totală a infiltrațiilor este indispensabilă, spre a evita contaminarea terenurilor adiacente și a surselor naturale de apă.

O metodă sigură, care a fost aplicată cu succes [32] este denumită *bariera hidraulică*, în care sînt folosite două rînduri de sonde în aval. Linia de sonde din amonte — paralelă cu taluzul digului — sînt sonde de extracție (pompare), iar rîndul de sonde din aval — amplasate la o distanță de 17,00—25,00 m sînt sonde de injecție, în care se pompează apa necontaminată. Nivelul apei în sondele de injecție este menținut în permanență superior nivelului apei din sondele de extracție, astfel că se asigură o curgere continuă în amonte.

Acest aflux de apă — de la sondele de injecție la sondele de extracție — formează o barieră de apă, totală și continuă, care s-a dovedit complet eficace.

Literatura recentă menționează folosirea membranelor de PVC, în loc de compactarea materialului, pentru stăvilirea infiltrațiilor [17].

Din cauza reglementărilor care prevăd prescripții severe pentru combaterea poluării apelor (i.e. Legea Publică 92—500 din 18, X. 1972 în S.U.A.), precum și a necesarului de apă pentru procesele tehnologice, mereu în creștere, reciclarea apei este recomandată și aplicată pe scară întinsă; spre a spori la maximum debitul apei recircuitate, Climax Molybden Company — Colorado, S.U.A., a dezvoltat un sistem complex constînd din: stații de pompare plutitoare — pe pontoane, stații de pompare fixe amplasate sub nivelul iazului care refulează apa limpezită, evacuată din iaz, precum și apa provenită din infiltrații care este interceptată prin drenuri și de la alte lucrări de colectare (v. fig. III. 18, *a*), [35].

În ceea ce privește pierderile de apă prin evaporație, se întîlnesc două aspecte diametrai opuse:

1) *Cînd există apă din abundență și pierderea prin evaporație este factorul urmărit*, atunci se folosesc pentru deversarea tulburelii lacuri secate, plăji extinse pe mari arii și cu fundamentul impermeabil
2) *Cînd pierderile prin evaporație trebuie reduse la minimum* se folosesc iazuri de decantare cu suprafețe cît mai reduse, iar în unele cazuri se folosește un film subțire de chimicale, pe suprafața iazului, ca să împiedice evaporația

Scanned with OKEN Scanner

Controlul infiltraţiilor este deosebit de important pentru menţinerea stabilităţii depozitului de steril. Potrivit determinărilor efectuate de Kealy şi Bush [36] stabilitatea acestuia este cu atît mai sporită, cu cît curba de infiltraţie este mai departe de faţa taluzului (v. fig. IV. 4, *a*, *b*, *c*), iar pericolul de avariere prin lichefiere este mai redus.

Apa provenită din infiltraţii prin faţa taluzului este susceptibilă de a declanşa avarierea progresivă a digului prin antrenarea materialului fin.

6. Clasificarea sedimentelor din punct de vedere geotehnic

Potrivit ASTM — D 2487 (American Society for Testing and material clasification of Soils for Engineering purposes), **sedimentele sînt împărţite în trei mari divizii**: 1) *sedimente cu granulozitate grosieră* (*rugoasă*); 2) *sedimente cu granulozitate fină*; 3) *sedimente prin excelenţă organice.*

Sedimente cu granulozitate grosieră sînt cele mai mari ca 0,074 mm (refuzul sitei nr. 200) şi se subdivid astfel:

- *Pietriş*: 50% din fracţiunea grosieră este reţinută pe sita nr. 4 (4,76 mm):
  - Grosier: 3″ (76,2 mm) — 1″ (25,4 mm)
  - Mijlociu: 1″ (25,4 mm) — 3/8″ (9,525 mm)
  - Fin: 3/8″ (9,525 mm) — 2 mm
- *Nisip*: 50% din fracţiunea grosieră trece prin sita nr. 4 (4,76 mm):
  - Grosier: 2,0—0,6 mm
  - Mijlociu: 0,6—0,2 mm
  - Fin: 0,2—0,06 mm

Sedimentele cu granulozitate fină sînt acelea care >50% trec prin sita nr. 200 (0,074 mm) şi se subdivid astfel:

Mîl	mm	Argilă	μ
Grosier	0,060—0,020	Grosieră	2,0—0,6
Mijlociu	0,020—0,006	Mijlocie	0,6—0,2
Fin	0,006—0,002	Coloidală	0,2—0,0

Pentru particule cu diametru de ≈2μ, interacţiunea dintre ele şi moleculele de apă, cunoscută ca mişcare browniană, este suficientă să învingă forţa de gravitaţie.

Scanned with OKEN Scanner

Prezența și cuantumul de material coloidal din argile sînt determinate indirect prin încercările de plasticitate cunoscute ca limitele Atterberg.

Argilele pot fi organice sau anorganice, primele avînd o capacitate portantă (portanță) mai redusă decît ultimele; ele sînt o tranziție spre turbă și cînd au un conținut mare de substanțe organice, sînt puternic acide sau slab alcaline.

B. TRANSPORTUL STERILULUI

Normele și protecția mediului înconjurător impun adeseori transportul și depozitarea sterilului la mari distanțe de uzina de preparare. Astfel, în nordul Japoniei se pompează sterilul în comun — de la 3 uzine — într-o mlaștină pe litoral la 75 km distanță.

Cu cît granulozitatea este mai grosieră cu atît viteza necesară transportului este mai mare, deci sarcină de refulare mai mare și în consecință consum de putere mai mare.

Pentru transportul pe conducte la distanțe mari, unde se cer presiuni înalte, se folosesc pompe cu piston, iar pentru distanțe mai mici și presiuni mai joase, se folosesc de preferință pompele centrifuge.

Sistemul de pompare trebuie astfel dimensionat (debitul, diametrul conductei, capacitatea pompelor, raportul S/L și viteza) încît să asigure maximum de economicitate.

În mod obișnuit se preferă o concentrație cît mai ridicată posibil (S/L cît mai mare); astfel se reduce cuantumul de apă pompată și în mod corespunzător se reduc dimensiunile pompelor, conductelor și motoarelor. Concentrația este în funcție de procesul de preparare folosit. În general, o concentrație de 50% solide în greutate este socotită adecvată.

1. Viteza de transport

Odată stabilită cantitatea și concentrația tulburelii, alegerea diametrului conductei este factorul cel mai important întrucît determină viteza de transport care din punct de vedere economic trebuie să fie cît mai apropiat de viteza optimă.

Un diametru mai mare de conductă nu are numai dezavantajul unui surplus de investiție inutilă, dar mai ales dezagrementele mult mai grave provenite din înfundările conductei ca urmare a depunerilor prilejuite de viteza prea joasă.

Scanned with OKEN Scanner

Pe de altă parte, dacă viteza în conductă este prea mare, pierderile prin frecare vor fi mari, consumul de putere excesiv, iar uzura pompelor și a conductei sporită.

De aceea se determină și utilizează viteza limită.

Viteza minimă care asigură transportul suspensiilor solide poate fi stabilită prin încercări sau din experiența anterioară cu situații similare.

Pentru tulburelile care conțin numai particule foarte fine, regimul conductei poate fi stabilit prin calcul, folosind datele obținute la probele efectuate cu viscozimetrul în laborator.

Pentru tulburelile cu steril mai grosier, viteza limită poate fi calculată cu formula lui Durand :

$$V_e = F_s \sqrt{2gD \frac{\gamma_s - \gamma_t}{\gamma_t}},$$

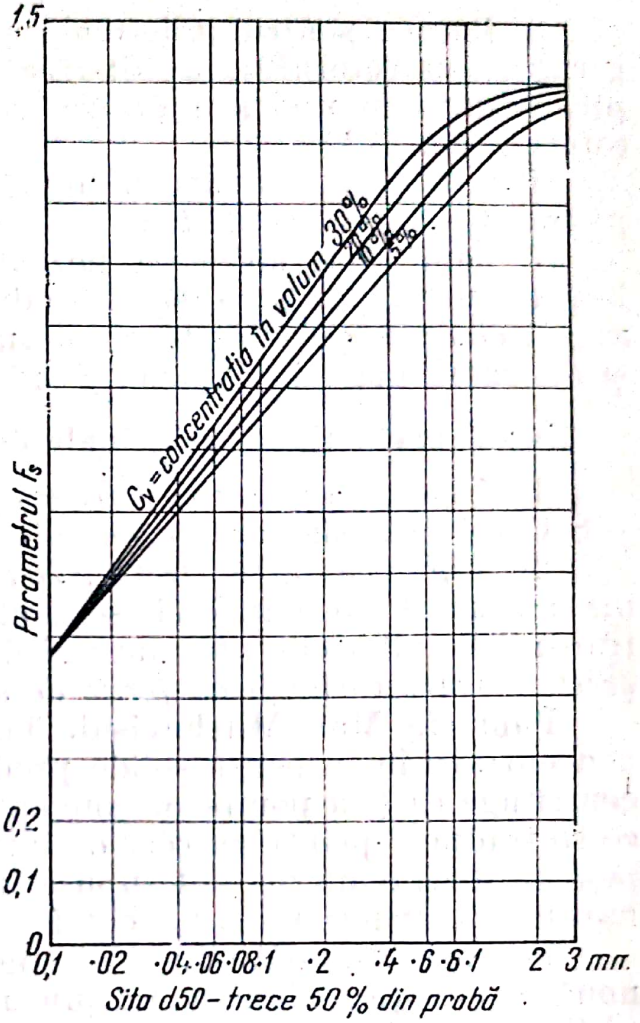


Fig. IV. 6. Determinarea parametrului F_s.

unde : V_e este viteza limită, în m/s ;

F_s — parametru — funcție de granulozitate și de concentrație (fără dimensiune) ;

g — accelerația gravitației : $g = 9{,}81$ m/s² ;

D — diametrul interior al conductei, în m ;

γ_s — greutatea specifică a sterilului (solid) ;

γ_t — greutatea specifică a tulburelii.

Valorile parametrului F_s sînt determinate pentru un steril cu sortare d_{50} ; 50% (în greutate) din particule sînt mai grosiere și 50% mai fine (fig. IV. 6), calculate de Richard McElvain și I. Cave [17]. Această metodă este acceptabilă pentru conducte relativ scurte, dar pentru conducte foarte lungi, viteza optimă și pierderile de sarcină se determină prin încercări pe conducte.

Cînd particulele sînt sub 50 μ, viteza nu mai este legată de depuneri în conductă ci de schimbarea viscozității tulburelii. Cu ajutorul

Scanned with OKEN Scanner

viscozimetrului Stormer se determină proprietăţile reologice ale tulburelii, care sînt apoi folosite la stabilirea performanţei conductei.

Se recomandă ca viteza să fie suficient de mare încît să se asigure un regim turbulent de curgere.

2. **Pompe pentru tulbureală** (convenţionale-cu mişcarea plungerului sau rotorului, în tulbureală-Mitshubishi-Japonia-cu mişcarea plungerului în ulei şi hidroelevatorul Hitachi-Japonia-cu mişcarea rotorului în apă)

Pompele se împart în două clase: cu dislocare pozitivă — piston, plunger şi centrifuge.

I. **Pompe cu dislocare pozitivă — piston, plunger** se folosesc la presiuni >35 at. *Avantaje*: produc presiuni înalte şi au randament mare; *dezavantaje*: sînt foarte scumpe, necesită reductoare de viteză şi au uzură mare la supape, garnituri şi plungere.

Există patru tipuri principale de pompe cu dislocare pozitivă:

1) *Tipul cu acţionarea directă a plungerului* (W. Snyder — Oil Well — S.U.A.) este similar cu cel folosit pentru fluidele de foraj.

2) *Tipul cu dublu efect — mişcare alternativă* (Mitshubishi — Japonia); la acest tip plungerele se deplasează în ulei, iar presiunea este transmisă tulburelii prin intermediul camerelor de presiune, *plungerele şi garniturile fiind ferite de acţiunea abrazivă a tulburelii.*

Pompele Mars-Mitshubishi. Tulburelile şi nămolurile cu mari concentraţii în suspensii solide produc o uzură excesivă a pompelor centrifuge ca şi a pompelor convenţionale cu piston sau plunger, ceea ce se traduce printr-un cost de întreţinere exagerat de mare; pompele cu diafragmă nu sînt supuse la o uzură din abraziune, dar prin natura construcţiei lor, nu pot fi folosite la presiuni înalte.

Pompele Mars-Mitshubishi (fig. IV. 7 şi IV. 8) bazate pe o nouă concepţie, elimină neajunsurile pompelor convenţionale cu piston şi a celor cu diafragmă, rezistînd la concentraţii mari de suspensii şi la presiuni înalte. Cu excepţia supapelor, toate părţile care lucrează nu vin în contact cu tulburelile şi şlamurile abrazive şi în consecinţă cheltuielile de exploatare sînt reduse în mod remarcabil; de asemenea, reviziile se fac la intervale mai mari ca la pompele convenţionale (tabelul IV.1).

Tabelul IV.1. **Comparaţia costului la piesele de uzură între pompele Mars şi cele cu piston**

Durata încercărilor şi tipul pompei	Costul pe ora de lucru, dolari		Costul pe tona de lucru transportat, dolari	
	Pompe Mars	Pompe cu piston	Pompe Mars	Pompe cu piston
6 luni; L—180 × 350	0,217	0,919	0,008	0,022
1 oră; H—125 × 250	0,286	0,856	0,018	0,053

Scanned with OKEN Scanner

Construcția și funcționarea. Între cilindrul *A* și caseta supapei *C* este vasul (recipientul) vertical de ulei *B*, conținînd o cantitate

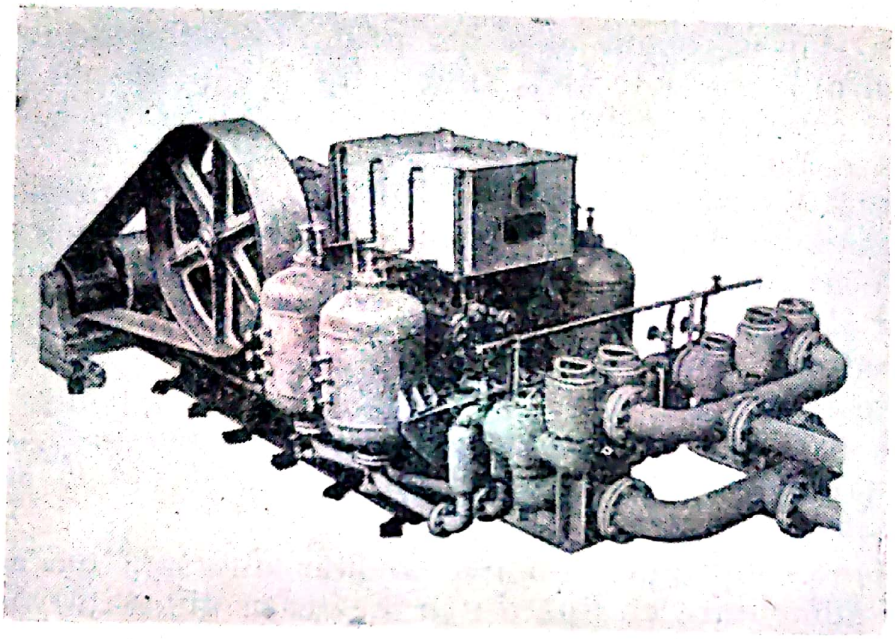


Fig. IV. 7. Pompa Mitsubishi — ansamblu.

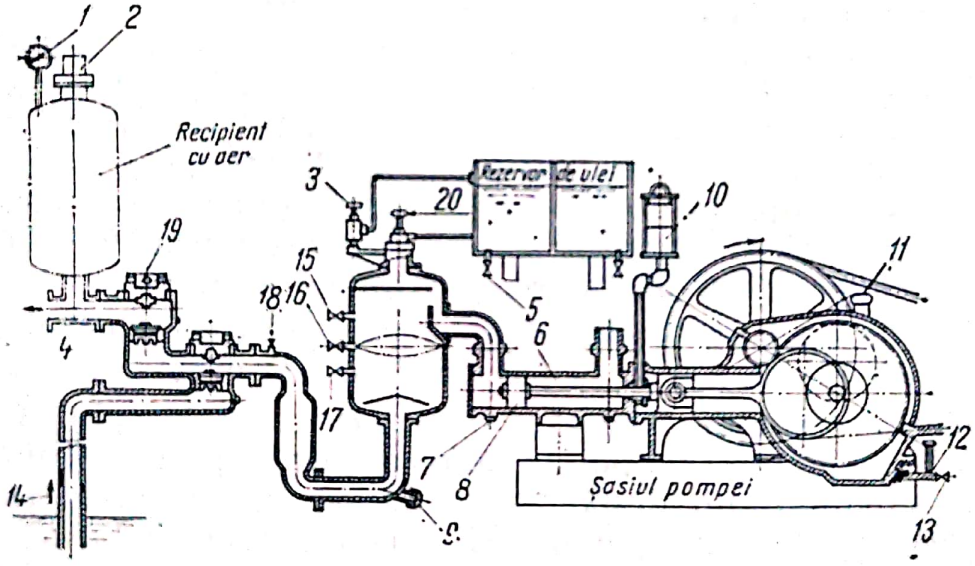


Fig. IV. 8. Pompa Mitsubishi — schemă de funcționare:

1 — manometru; *2* — supapă de siguranță; *3* — vană de purjare; *4* — refulare; *5* — cana de scurgerea uleiului; *6* — cilindru; *7* — dop de scurgerea uleiului; *8* — piston *9* — capac de scurgere; *10* — lubrifiant; *11* — alimentare cu lubrifiant; *12* — indicator de ulei; *13* — scurgerea lubrifiantului; *14* — aspirație; *15* — dop pentru detectarea uleiului; *16* — dop pentru controlul uleiului; *17* — dop pentru detectarea tulburelii; *18* — robinet de alimentare cu apă; *19* — caseta supapei; *20* — robinet pentru alimentare cu ulei.

fixă de ulei. Separarea între ulei și tulbureală (sau apă curată) se realizează datorită diferenței dintre greutățile lor specifice; uleiul

Scanned with OKEN Scanner

ocupă partea de sus a recipientului, iar tulbureala rămîne în partea de jos. Compartimentul uleiului este astfel construit încît tulbureala să nu pătrundă în cilindru în timpul pompării sau în repaus. Această construcţie elimină uzura excesivă prin abraziune deoarece pistonul şi cilindrul lucrează în ulei. Numai supapele pompelor sînt expandabile; sînt concepute pentru a fi uşor inspectate şi repede înlocuite.

Pompele Mars nu folosesc o diafragmă de cauciuc ca pompele cu diafragmă. Există două tipuri standard: de joasă presiune pentru presiuni pînă la 40 kgf/cm² (569 psi) cu debit de 3,42 m³/min, motor de 265 kW şi de înaltă presiune lucrînd la presiuni pînă la 80 kgf/cm² (1 137 psi) cu debit de 3,37 m³/min — motor 524 kW.

Deoarece se intercalează recipientul de ulei între cilindru şi supape, rezistenţa la aspiraţie este mai mare ca la pompele convenţionale. De aceea, la debite mari şi cînd pompa depăşeşte 50 rot/min, instalarea pompei trebuie astfel făcută ca rezistenţa la aspiraţie să fie minimalizată.

Funcţionarea pompei. Pompa trebuie amorsată cu apă „via", supapa de alimentare cu apă *J*; se încetează alimentarea cînd apa apare la cănăluţa de control *H*. Apoi se deschide vana de golire *E* la recipientul de ulei *B*, se introduce uleiul în recipient „via" supapa de admisie a uleiului *F*, din rezervorul *D*. Orice ulei este utilizabil chiar şi cel uzat dacă este filtrat în prealabil. Aerul din partea superioară a recipientului este evacuat pe măsura admisiei uleiului din rezervor. Se închide supapa de admisie *F* cînd uleiul din rezervor este inert, indicînd că s-a umplut recipientul. Atunci se închide vana de glorie *E* şi pompa poate fi pornită. În funcţionare, acţiunea deplasării pistonului *U* în cilindrul *A* este transmisă prin ulei la planul de separare ulei/tulbureală în recipientul de ulei.

Planul de separare oscilează pe verticală în recipientul de ulei, dar niciodată aşa de sus ca să pătrundă în cilindru.

Oscilaţia planului separator înăuntrul recipientului cauzează mai întîi deschiderea supapei de admisie prin aspiraţie şi în a doua jumătate a cilindrului, deschiderea supapei de evacuare prin presiune; pentru protecţia pompei şi a conductelor de evacuare, se instalează după — supapă — un recipient cu aer cu manometru şi supapă de siguranţă. Este foarte eficientă în transportul la mari distanţe; presiune de 160 kgf/cm² (2 275 psi) debit maxim 1,454 m³/min; concentraţia fluidului pînă la 60% în greutate; granulometrie, sita nr. 35—99% pentru 0,5 mm şi 1% pînă la 5 mm.

De exemplu, tulbureala se transportă de la uzina de preparare a minereurilor la 68,10 km de la Odate City Noshiro City — Prefectura Akito Japonia.

Scanned with OKEN Scanner

Tipul de pompă Mars — H 225: debit maxim 3,371 m³/min; motor 524 kW (calculat pentru o eficienţă volumetrică de 90% şi o eficienţă mecanică de 94%; 35—50 rot/min, optim.

Greutatea specifică a fluidului 2,80 g/cm³; granulometrie — sita 65 (0,253 mm); pH = 6···8; viscozitatea 35 dyn; diametrul conductei 300 mm; debitul transportat 5,90 m³/min; viteza 1,36 m/s; presiunea de regim 50 kgf/cm².

Se menţionează folosirea pompelor Mars la St. Austell-Anglia — de către English China Clay Ltd care evacuează circa 2 000 000 t/an ape reziduale (majoritatea prin pompare) de la spălarea caolinului: 40% solid, abraziv şi corosiv; $\gamma = 1{,}35$ g/cm³; pH = 2,50...5,00.

Se foloseşte o reţea de circa 20 km conducte de oţel căptuşite cu poliuretan (cauciuc sintetic), [World mining, May, 1974].

3) *Tipul cu transferul direct al presiunii furnizate de o pompă centrifugă de alimentare cu apă limpede*; presiunea este transmisă tulburelii, succesiv, printr-un număr de camere de presiune printr-o serie de vane de admisie şi eşapare cu comandă automată (Hitachi-Japonia). Apa limpede este recircuitată prin pompa de alimentare.

Hidroelevatorul Hytachi. Transportul hidraulic este efectuat în general cu pompe centrifuge, pompe cu piston sau helicoidale. Acestea prezintă însă serioase neajunsuri la transportul lichidelor cu suspensii, fiind supuse la o rapidă abraziune şi nefiind capabile să realizeze presiuni înalte la debite mari.

Aceste deficienţe sînt înlăturate la hidroelevatorul Hytachi datorită concepţiei şi tehnologiei preconizate tocmai pentru combaterea acestora. *Aplicaţie*: cărbune, minereuri, bauxită, şlam, nisip, calcar, ciment.

Principiul hidroelevatorului:

a) *Hidroelevatorul de tip orizontal.* Aşa cum este arătat în fig. IV.9, *a*, *b*, hidroelevatorul convenţional constă în principal din conducte orizontale, fiecare fiind prevăzută cu supapă cu disc *A*, *B*, *C* şi *D* şi dispozitivele de comandă a acestora, o pompă de tulbureală de joasă presiune *BP* şi o pompă de apă limpede de înaltă presiune *IP*. Pompa de tulbureală împinge fluidul cu suspensii în fiecare din aceste conducte de alimentare, apoi supapele se închid şi tulbureala este refulată în conducta de transport de către pompa de înaltă presiune.

Scanned with OKEN Scanner

Ciclul funcțional este următorul :

Supapele A și C se închid, apoi supapele *B* și *D* se deschid. Tulbureala împinsă de pompă umple conducta nr. 1

Supapele B și D se închid cînd conducta nr. 2 este umplută cu tulbureală

Supapele A și C se deschid. Tulbureala din conducta de alimentare este refulată în conducta de transport de presiunea formată de la pompa de apă limpede de înaltă presiune, nr. 3

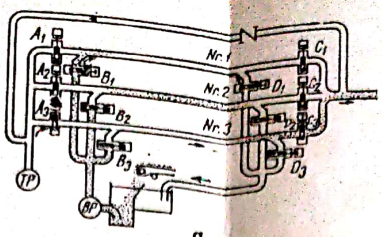
Prin repetarea alternată a operațiilor de mai înainte pentru fiecare din cele trei conducte de alimentare se obține un transport continuu. Această operație este reglată în mod continuu printr-un sistem de comandă. Supapa cu disc este de tip Hytachi, special conceput pentru hidroelevator; funcționarea acestei supape este reglată de un dispozitiv hidraulic (ulei) de comandă.

Aplicație. *Din anul 1965 este aplicat la transportul cărbunilor de la spălătoria — Mitsui — Sungarda Colliery — Japonia.*

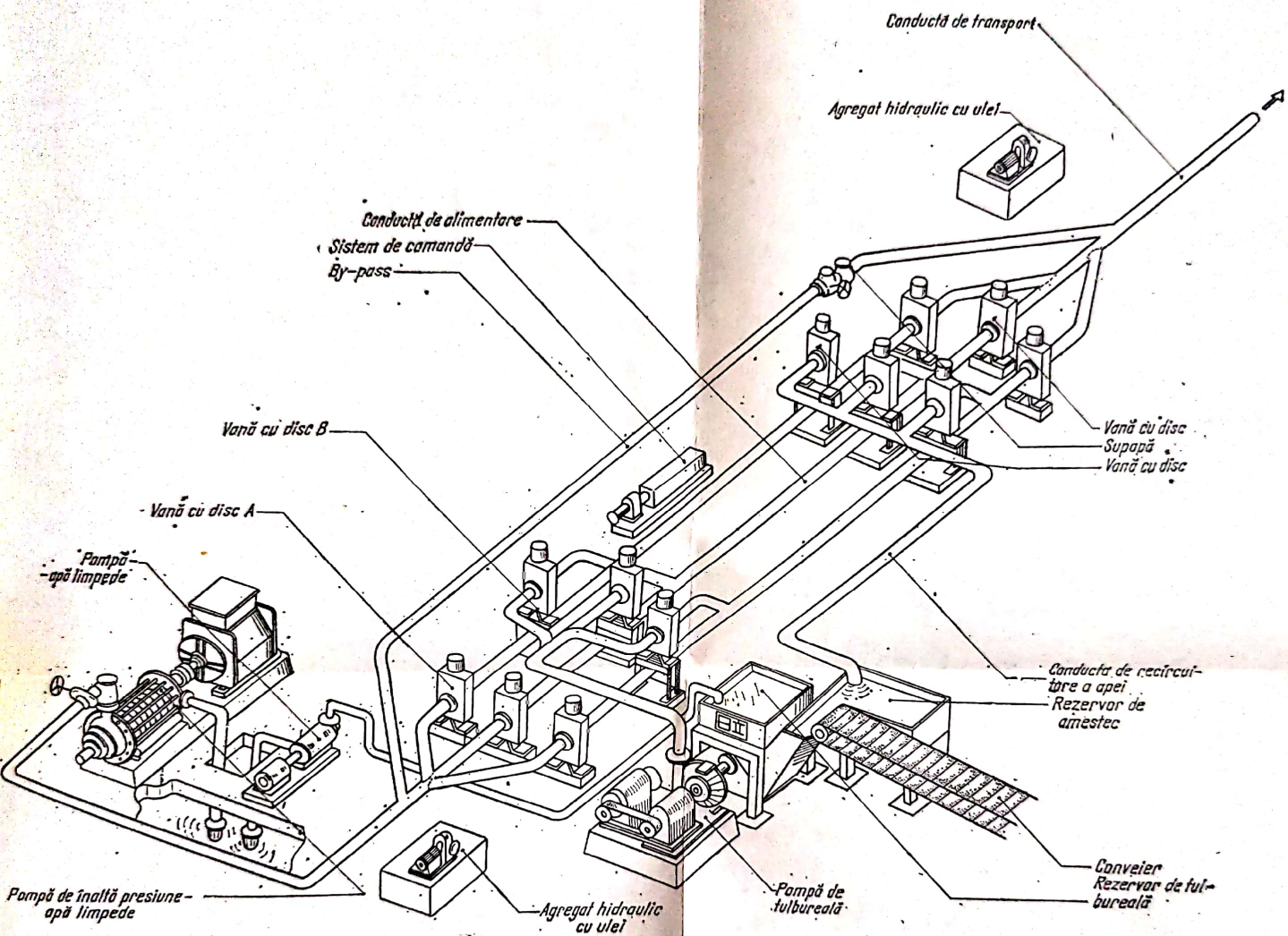
Parametrul	Uunitatea de măsură	Valori
Materialul transportat		Cărbune brut
*p*H-ul apei	g/l	8,3
Greutatea specifică	kg/m³	Max. 2 000 ; med. 1 540 ; min. 1 230
Mărimea maximă a grăunților de cărbune	mm	30
Granulometria	mm	Sub 0,15 mm, 15 % 0,15—2,00 mm 25 % Peste 2,00 mm, 60 %
Cantitatea de cărbune	t/h	100, la $\gamma = 1{,}54$ t/m³
Pompă de înaltă presiune	—	5 m³/min × 850 m × 2 970 rot/min × × 1 100 kW
Diametrul interior al conductei	mm	În secțiunea orizontală : 165 000
	mm	În secțiunea verticală : 188,192
Viteza în conductă	m/s	În secțiunea orizontală : 3,50
	m/s	În secțiunea verticală : 2,50

b) *Hidroelevatorul de tip vertical*. Acesta constă dintr-o serie de camere de alimentare prevăzute fiecare cu un flotor, o pompă de tulbureală de joasă presiune *p*, o pompă de înaltă presiune *P*, un rezervor de apă (lichidul de refulare — fig. IV. 10) și un sistem de comandă cu releu fără contact (fig. IV. 11).

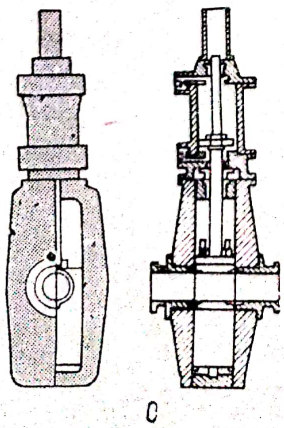
Scanned with OKEN Scanner



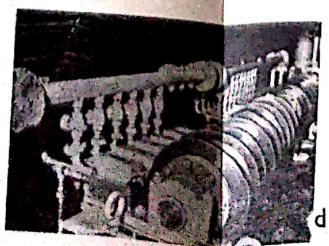
a



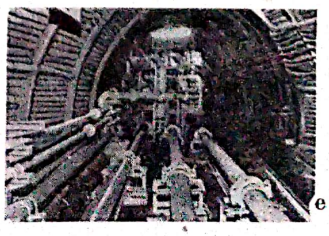
b



c



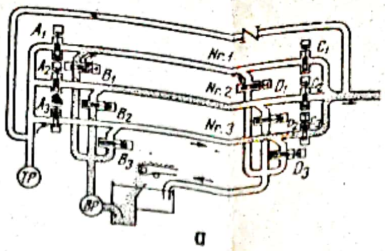
d



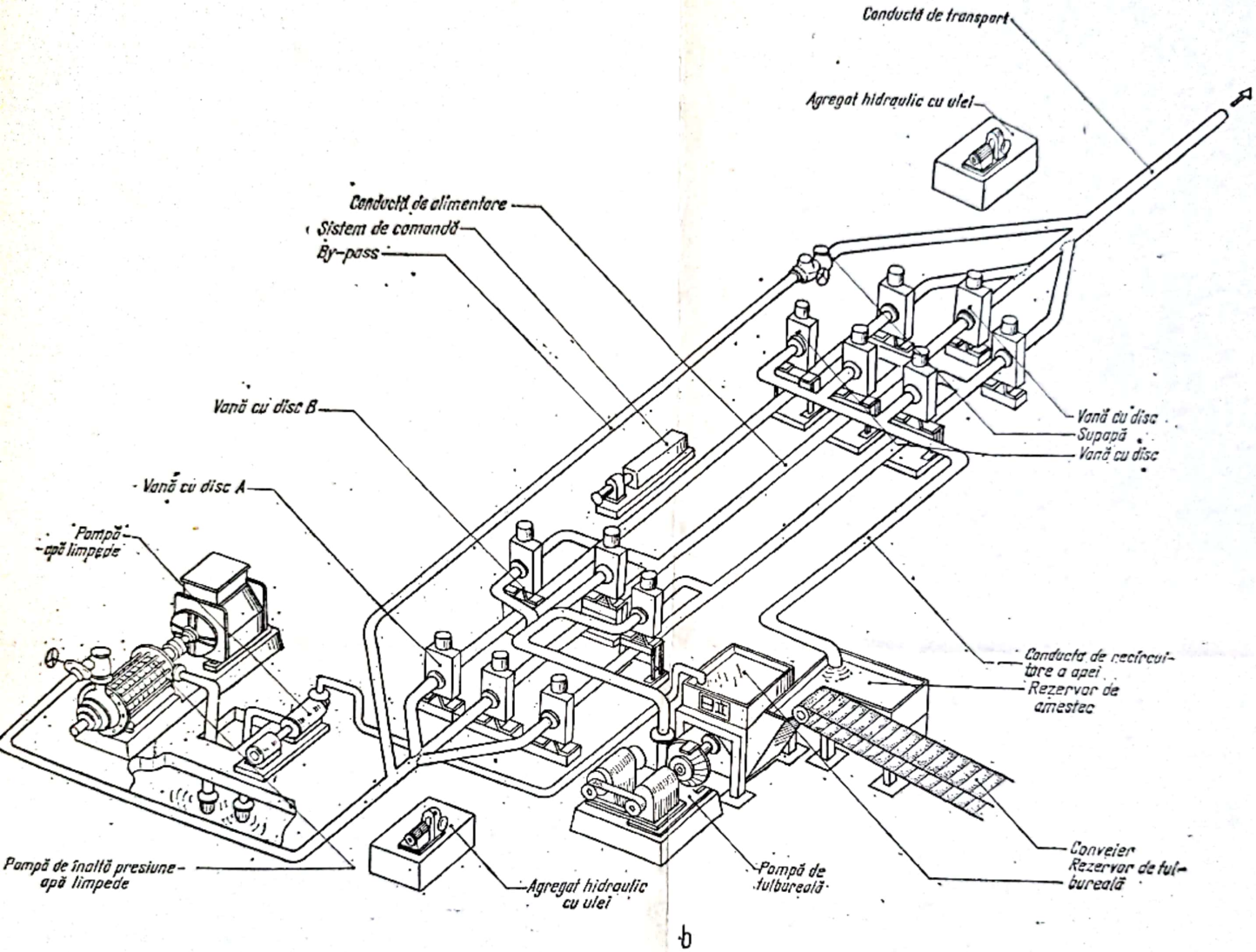
e

Fig. IV. 9. Hidroelevatorul Hitachi — aranjament orizontal:
a — schema de funcționare; *b* — ansamblu; *c* — vane cu disc; *d* — sistem de comandă; *e* — conducte de alimentare.

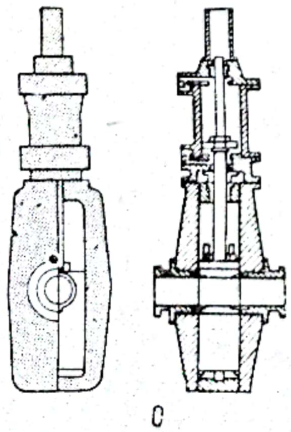
Scanned with OKEN Scanner



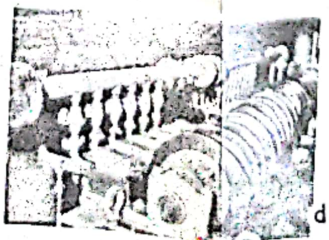
a



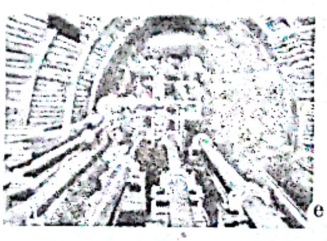
b



c



d



e

Fig. IV. 9. Hidroelevatorul Hitachi – aranjament orizontal:
a – schema de funcționare; b – ansamblu; c – vane cu disc; d – sistem de comandă; e – conducte de alimentare.

Scanned with OKEN Scanner

Fiecare cameră funcţionează conform următorului ciclu:

Supapa cu disc A se închide şi se deschide supapa D: supapa de tulbureală C se închide şi cea de tulbureală B se deschide. Tulbureala împinsă de pompă umple camera de alimentare

Camera de alimentare se umple cu tubureală pînă ce flotorul atinge limita de sus. Comutatorul de sus SH din apropierea flotorului) închide supapele D şi B

Supapele A şi C se deschid, prilejuind umplerea camerei de alimentare cu lichid de la pompa de înaltă presiune şi refularea tulburelii în conducta de transport

Flotorul atinge limita de jos, acţionînd comutatorul de jos (din apropierea flotorului) şi supapele A şi C şi se închid camerele de alimentare pentru o curgere uniformă

Pentru a asigura o curgere uniformă atît la alimentarea, cît şi la refularea tulburelii, se folosesc trei camere. Acestea sînt astfel reglate că la începutul închiderii supapei A_1 corespunde începutul deschiderii supapei A_2 şi supapa A_3 începe să se deschidă, în timp ce supapa A_2 începe să se închidă; astfel, tulbureala este refulată în continuu.

Hidroelevatorul poate fi folosit în mod efectiv şi numai cu două camere dacă este cerută doar refularea uniformă a tulburelii nu şi alimentarea uniformă a camerelor cu tulbureală.

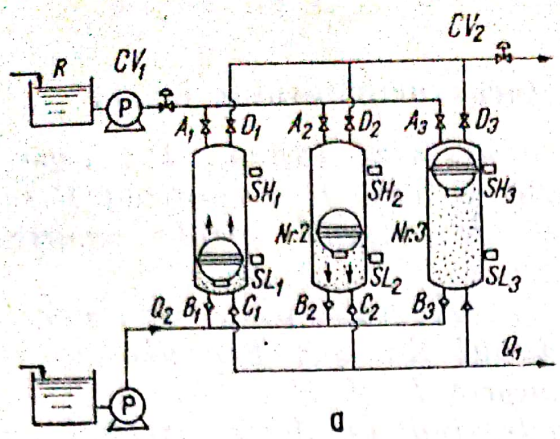
Flotorul este proiectat să aibă o greutate specifică intermediară între aceea a tulburelii şi a lichidului de refulare. Este executat cu un inel care permite o deplasare lină în sus şi în jos în timp ce separă tulbureala de lichidul de refulare; inelul se reîncarcă cu carburi metalice după 5 000 h de funcţionare.

Hidroelevatorul de tip vertical necesită mai puţin spaţiu şi este echipat cu un sistem simplu de comandă.

Camerele de alimentare sînt în aranjament vertical, tulbureala este introdusă pe partea de jos, iar lichidul de refulare pe partea de sus. Flotoarele, plasate între tulbureală şi lichidul de refulare, limitează amestecul acesta la mai puţin ca 1% din greutatea totală a tulburelii.

Pentru controlul deplasării flotoarelor, camerele de alimentare sînt echipate la exterior cu comutatoare de apropiere la poziţiile limită de sus şi de jos. Un nou tip recent realizat, asigură o funcţionare stabilă şi uniformă în cea mai deplină siguranţă; un dispozitiv de orologerie coordonează în mod automat proporţia debitului tulburelii şi a lichidului de refulare (v. fig. IV. 11).

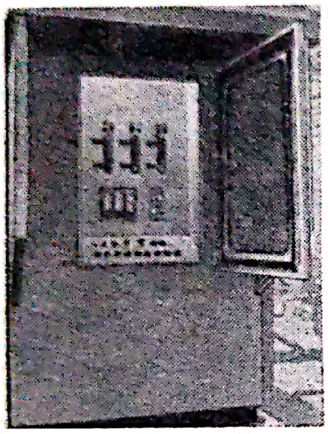
Scanned with OKEN Scanner



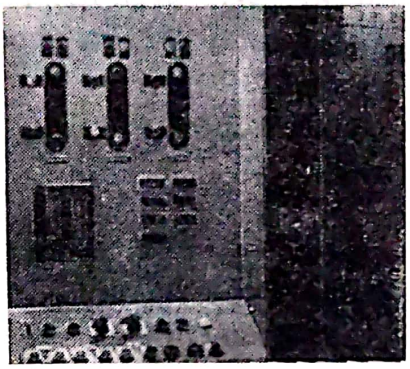
a

c

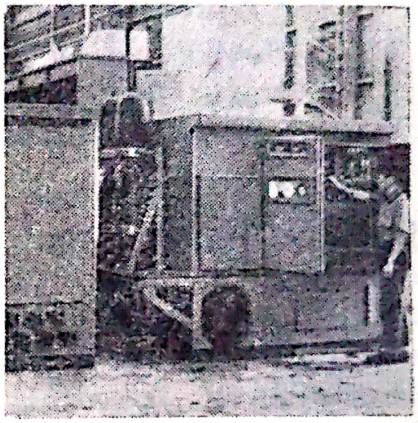
d



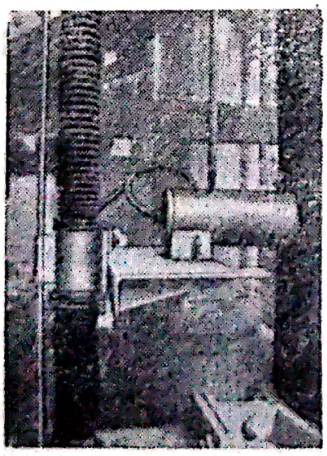
e



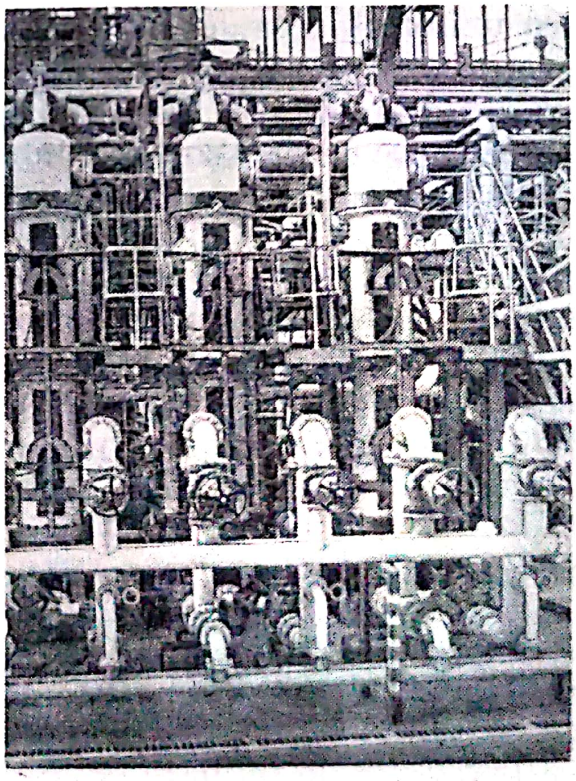
f



g



h

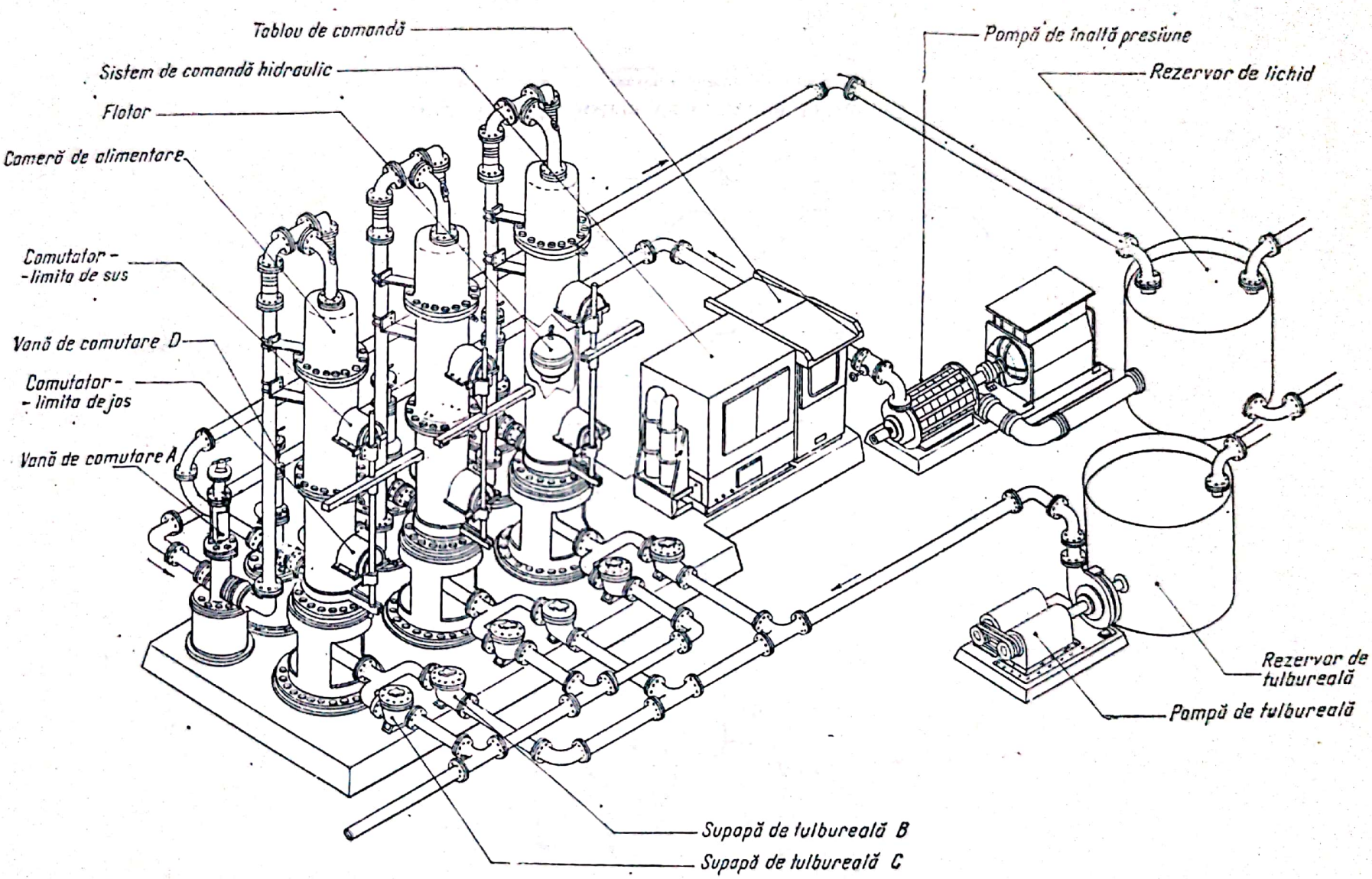


i

Fig. IV. 10. Hidroelevatorul

a — schema de funcționare; *b* — ansamblu; *c* — flotor; *d* — supapă de comandă; *e, f* — panou

Scanned with OKEN Scanner



b

Hitachi — aranjament vertical:
de comandă; *g* — sistem de comandă hidraulică; *h* — comandă de apropiere; *i* — vedere.

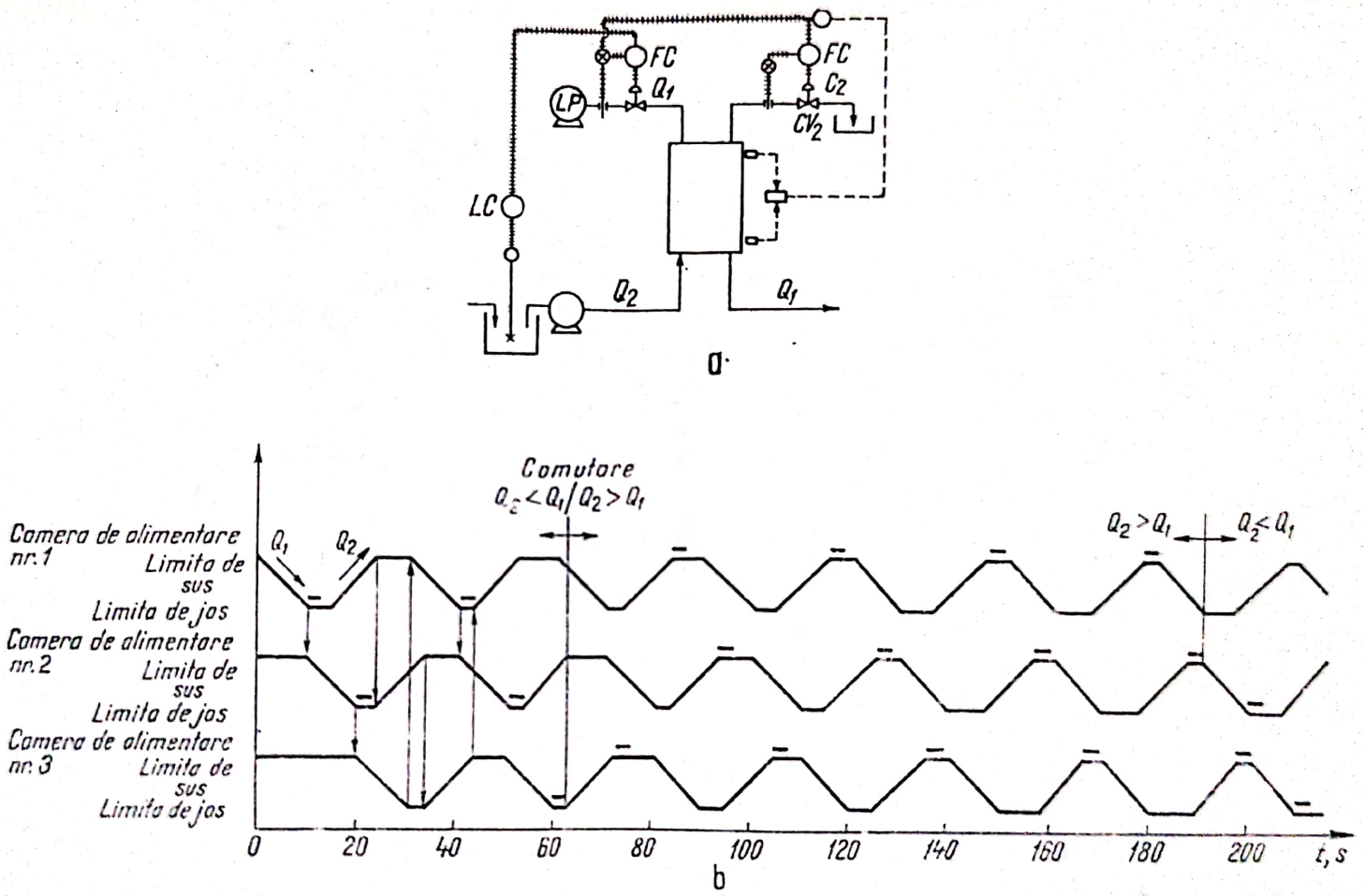


Fig. IV. 11. Sistem de comandă hidraulică :
a — schemă ; *b* — secvența fazelor de funcționare.

Aplicaţie I. În funcţiune la Yokohama Alumina Plant, Shown Denko K.K. — Japonia

Parametrul	Unitatea de măsură	Valori
Debitul refulat	m^3/h	136
Presiunea de refulare	kgf/cm^2	45
Temperatura	^0C	130
Solid, în greutate	%	50
Media grăunţilor	mm	0,3
Camere de alimentare	buc.	3

II. *La Queensland Alumina Limited*

Parametrul	Unitatea de măsură	Valori
Debitul	m^3/h	170
Presiunea de refulare	kgf/m^2	56
Camere de alimentare	buc.	3

Performanţele şi avantajele principale ale hidroelevatorului Hytachi (fig. IV. 12):

1) *Intreţinerea şi costul operaţional* sînt mult mai reduse deoarece supapele hidroelevatorului nu sînt supuse la aceeaşi frecveţă de funcţionare ca cele ale sistemelor folosite în prezent, astfel că durata lor de serviciu este de peste 10 ori mai mare ca a supapelor de la pompele cu piston (peste 15 000 h la tulbureală abrazivă şi peste 25 000 h la alumină).
2) *Eliminarea diafragmelor care se uzează şi folosirea releelor fără contact* a făcut ca întreţinerea să se rezume doar la inspecţia normală anuală sau semianuală (fig. IV. 12, *a*, *b*)
3) *Funcţionarea uniformă — fără pulsaţii* (fig. IV. 12 *c*) : trei camere sau trei conducte sînt suficiente ca să asigure o curgere uniformă atît la alimentare, cît şi la refularea tulburelii. Nu sînt necesare camere de aer (pentru amortizarea pulsaţiilor) deoarece presiunea la ieşire este constantă. Afară de aceasta, întrucît hidroelevatorul este acţionat de o pompă centrifugă, nu există nici un pericol ca să se producă o ridicare anormală a presiunii dacă se înfundă conducta cum se întîmplă la pompele cu piston
4) *Debitele şi distanţele mari de transport* (fig. IV. 12, *d*) *indică scopul folosirii hidroelevatorului.* În timp ce pompa centrifugă pentru tulbureală poate fi folosită pentru orice debit² presiunea de refulare însă este limitată la 5 kgf/cm, (71,1 lbs/si). Pe de altă parte, pompele cu piston pot oferi o presiune înaltă de refulare, dar debitul lor este mai puţin ca $1 m^3/min$ (264 USGPM) Dimpotrivă, hidroelevatorul poate refula debite importante la distanţe mari

Scanned with OKEN Scanner

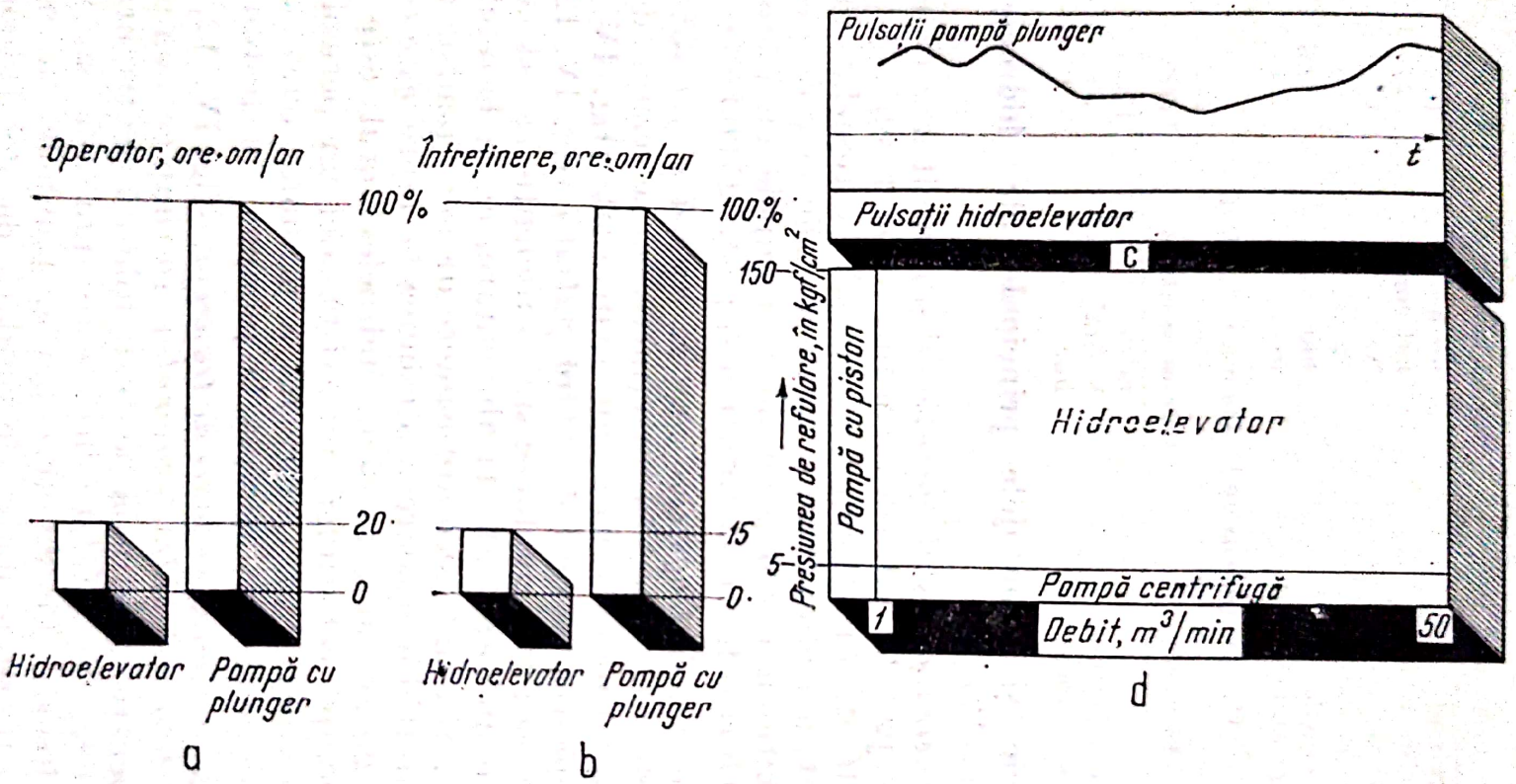


Fig. IV.12. Performanțele hidroelevatorului Hitachi;

a — timp de manevră; *b* — timp de întreținere; *c* — comparație între hidroelevator și pompe cu plunger; *d* relațiile dintre presiunea de refulare și debit pentru diferite pompe.

Scanned with OKEN Scanner

Acest sistem elimină uzura plungerelor prin abraziune, consumul mare de putere datorit acţionării cu joasă viteză, precum şi reductorul de viteză necesar tipului cu plunger.

Toate tipurile de pompe cu dislocare pozitivă necesită un ventil de reţinere care funcţionează în tulbureală abrazivă şi în consecinţă implică o revizie frecventă :

4) *Tipul cu plunger vertical* (Ingersoll - Rand Aldrich Model 9V3); în decursul anului 1972 s-au transportat hidraulic pe o conductă de 6″ ≈ 450 000 t concentrat de cupru (55 — — 75 %) pe o distanţă de 27 km — Panguna — Anewa Bay — S.U.A., folosind pompe triplex cu plunger vertical cu debit nominal 1 470 l/min ; înălţimea de refulare (diferenţa de nivel) este 390 m, iar presiunea finală (descărcarea conductei) 2,4 at (fig. IV. 13).

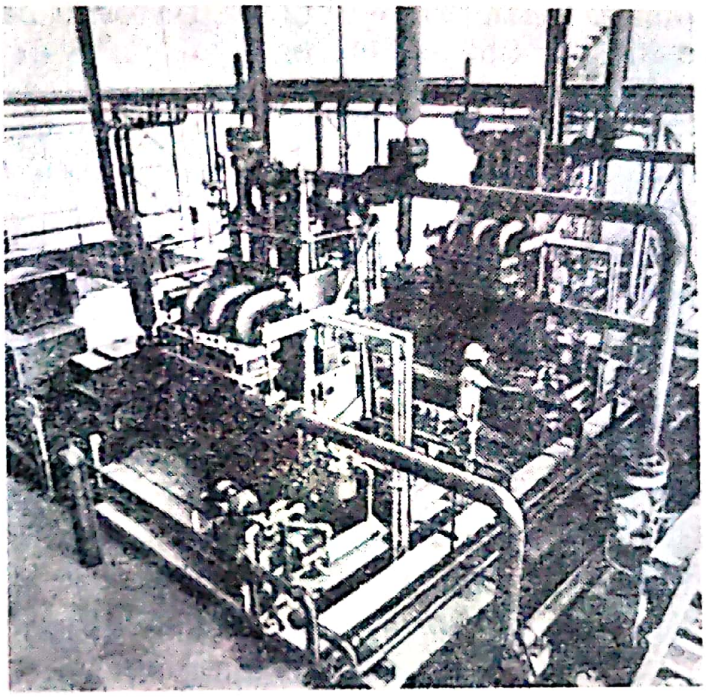


Fig. IV.13. Pompa cu plunger vertical Ingersoll Rand [37].

După această primă aplicare a pompelor cu plunger vertical de către Bougainville Copper Pty, Limited, astfel de pompe s-au instalat şi la o conductă lungă de 110 km — Irianul de Vest — tot pentru transportul hidraulic al concentratului de cupru — Freeport Indonesia Inc. [37].

Atît parametrii pentru dimensionarea conductei, cît şi cu privire la pompă — stabilirea abrazivităţii pentru diferite materiale de construcţie a pompei — au fost determinaţi în prealabil într-o mini instalaţie (banc de încercare) la scară de laborator ; pentru stabilirea regimului optim de pompare s-au folosit tranşe de cîte 20 l concentrat obţinut de la staţia pilot în diferite diluţii (raportul *S.L*).

Această metodologie s-a dovedit mai precisă şi mult mai economică decît încercările experimentale executate după punerea în funcţiune.

Pompa cu plunger vertical prezintă avantajul că reduce la minim uzura excentrică a presetupei cauzată de greutatea plungerului ;

Scanned with OKEN Scanner

cînd acesta este orizontal se produce o uzură pronunţată, antrenînd importante costuri de întreţinere.

La pompele centrifuge presiunea este limitată la 45 at în timp ce la pompele cu piston presiunile au fost 85—115 at.

Pompa cu plunger este de preferat celei cu piston cînd fluidul pompat este foarte abraziv. Datorită posibilităţii de a spăla plungerul cu jet de apă, sincronizat cu cursa de aspiraţie, se evită uzura prin abraziune a părţilor interne — plunger, garnituri şi pressetupă.

În ultimpii 15 ani a luat o mare amploare pomparea la mari distanţe a unor volume importante de concentrate diluate corespunzător.

II. **Pompele centrifuge** pentru tulbureală au în mod curent o performanţă de peste 15 at/etaj, astel că punîndu-le în serie sau plasîndu-le la intervale pe conductă, se obţin presiuni de 90—120 at.

Deşi randamentul pompelor centrifuge este de regulă inferior, totuşi datorită avantajelor ce le conferă funcţionarea simplă, întreţinerea şi costul investiţiei — ambele reduse, fac ca folosirea lor să fie cea mai economică atunci cînd este vorba de volume mari de tulbureală, indiferent de presiunea sau numărul staţiilor ajutătoare de pompe pe traseul conductei.

Efectele suspensiilor solide asupra performanţei pompelor

Efectele negative asupra eficienţei pompelor centrifuge cauzate de suspensiile din tulbureală — comparativ cu eficienţa acestora în cazul apei limpezi — se datoresc îndeosebi următoarelor:

1) *Alunecării dintre lichid şi particulele solide în timpul accelerărilor şi decelelării tulburelii la intrarea şi ieşirea din rotor*; pierderile de energie ce însoţesc aceste alunecări ale particulelor sînt cu atît mai mari, cu cît particulele au o viteză de sedimentare mai mare
2) *Viscozităţii tulburelii*

Cele arătate sînt invederate de Richard McElvain şi I. Cave [17] care au făcut încercări şi determinări în această privinţă cu suspensii de diferite granulozităţi (0,29 şi 1,25 mm — media) şi greutăţi specifice (2,65 şi 4,60 — ilmenit) elaborînd grafice pentru calculul pompelor de tulbureală.

Pentru pompele de tulbureală — Denver — Colorado S.U.A. — furnizorul recomandă ca pierderile prin frecare — calculate pentru apă într-o conductă de fontă, de 15 ani în serviciu — să se multiplice cu 1,5 cînd procentajul suspensiilor este 40% şi cu 2 cînd procentajul este 40—65%, aceştia fiind factorii de corecţie pentru viscozitate.

Scanned with OKEN Scanner

Documentaţia tehnică care se livrează cu pompele de tulbureală conţine curbele de performanţă stabilite pentru apă (rot/min, debite, randamente pentru înălţimi de aspiraţie şi refulare diferite); pentru stabilirea puterii motorului corespunzător diferitelor turaţii cînd se pompează tulbureală se multiplică puterea indicată în grafice pentru apă, cu greutatea specifică a tulburelii.

În clasa pompelor centrifuge se situează şi centrifuga cu decantare continuă, care este utilizată pe scară întinsă pentru separarea suspensiilor solide din mediu lichid, cu concentraţii pînă la 60%, cu capacităţi pînă la 60 m³/h — tipurile T. Broadbent Ltd. Anglia şi Pioneer Centrifuging Co. S.U.A. (fig. IV. 14 şi IV. 15). Acestea sînt de fapt variante ale centrifugei Bird concepută şi folosită în procesul de preparare a mineralelor [43].

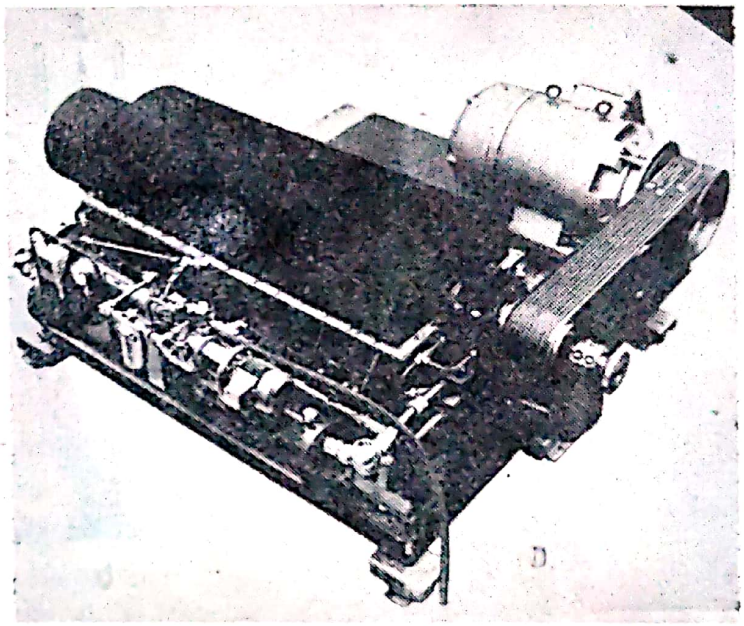


Fig. IV. 14. Decantorul centrifugal Broadbent.

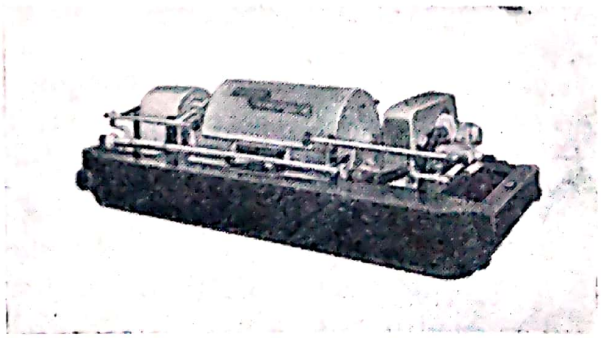


Fig. IV. 15. Decantorul centrifugal Pioneer.

Decantorul Centrifugal Broadbent. Acesta este folosit la separarea suspensiilor de cărbune provenite de la spălarea cărbunelui, precum şi la clasificarea argilelor şi bioxidului de titan.

Decantorul Centrifugal Pioneer, deznisipatorul Dresser, precum şi Baroid sînt folosite îndeosebi pentru separarea suspensiilor grele (baritina), nisipul, precum şi a suspensiilor coloidale din fluidele de foraj.

Tot pentru condiţionarea fluidelor de foraj este folosit şi hidrociclonul Pioneer şi Demco [11 şi 38].

Hidrociclonarea. Este tot o operaţie de separare centrifugă; separarea suspensiilor cu hidrociclonul se face — într-una sau două

Scanned with OKEN Scanner

trepte — sub acțiunea forței cetrifuge, care rezultă din rotirea fluidului cu suspensii solide în con, fără a necesita mișcarea vreunei părți componente din ansamblul acestuia.

Fluidul cu suspensii solide — tulbureală — este dirijat în con printr-un orificiu de intrare tengențial, ceea ce imprimă o mișcare

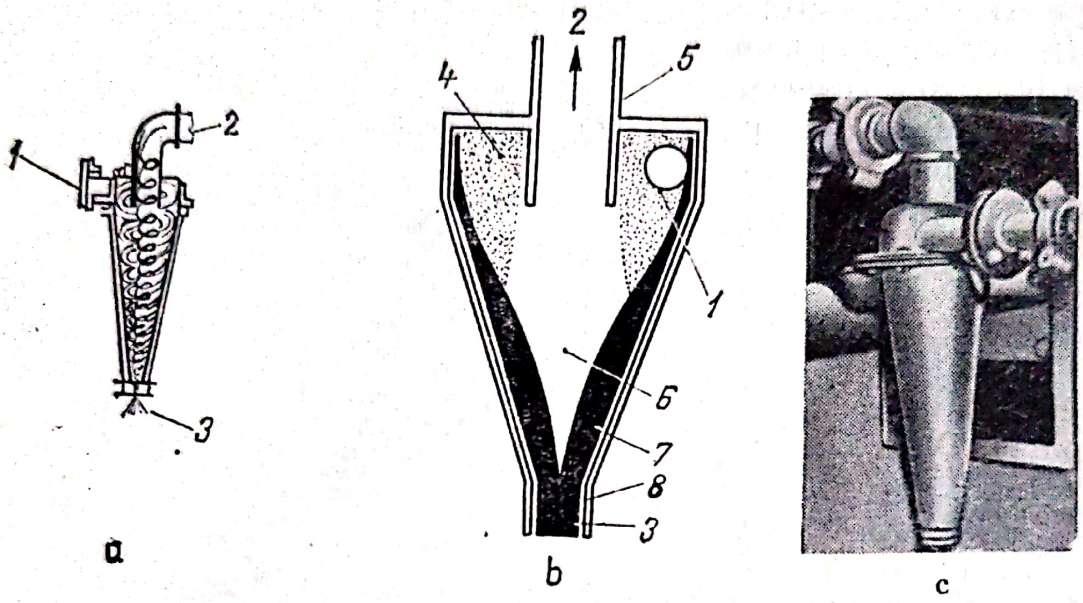


Fig. IV. 16. Hidrociclonul Demco:

a, b — intrarea tulburelii și evacuarea sedimentului; *c* — ansamblu; *1* — intrarea tulburelii; *2* — supra- scurgerea și evacuarea șlamului fin; *3* — evacuarea sedimentului; *4* — tulbureală; *5* — deflector; *6* — fluid cu sediment fin; *7* — sediment grosier; *8* — orificiu de evacuare.

de rotație, generînd forța centrifugă. Această forță separă fluidul în strate conice, dintre care cel mai dens rotindu-se, se deplasează de-a lungul peretelui conului și datorită gravitației trece prin orificiul de ieșire al scurgerii de jos (fig. IV. 16, *a*, *b*, *c*).

Fluidele clarificate, libere de suspensii solide, se deplasează în regim turbionar spre un tub deflector din centrul conului și ies prin orificiul preaplinului.

Orificiul de jos — scurgerea — poate fi ajustat spre a modifica acțiunea de separare.

Indiferent de forma hidrociclonului, principiul de bază al separării particulelor mai grele și al celor cu granulozitate mai mare din tulbureală este efectul centrifug al acestor particule (mai grele și mai grosiere), în deplasare din centrul masei de tulbureală în rotație spre periferia masei de fluid unde are loc separarea solidelor de lichid. De fapt, hidrociclonul este un derivat al clasificatorului conic de la prepararea minereurilor.

Scanned with OKEN Scanner

Eficiența separării este afectată de incrementul de timp — durata de trecere a fluidului prin hidrociclon, considerent pentru care se fac mai lungi. Alți factori care afectează performanța sînt :

1) *Presiunea diferențială dintre intrare și ieșire prin preaplin*
2) *Greutatea specifică a suspensiilor solide în raport cu a fluidului*
3) *Viscozitatea tulburelii*

Performanța este cu atît mai bună, cu cît greutatea specifică a suspensiilor este mai mare și cu cît viscozitatea tulburelii este mai redusă.

Diametrul nominal al conului determină gradul de finețe al particulelor care pot fi separate de tulbureală. În general, conul cu diametrul mai mic dă o forță centrifugă mai mare, pentru o presiune diferențială dată, iar particulele eliminate sînt mai fine.

Cînd concentrația în suspensii solide este în exces față de posibilitățile de eliminare ale unui anumit con, se recircuitează suprascurgerea prin con pentru o următoare clarificare.

Sisteme deschise. Cînd suprascurgerea clarificată este descărcată la presiunea atmosferică, se folosește un dispozitiv de scurgere reglabil pentru controlul evacuării continue a particulelor solide. Printr-o reglare adecvată a orificiului, scurgerea se efectuează ca un jet de particule solide și puțin lichid. Separarea optimă cu minimum de lichid se obține prin reglarea dispozitivului de control. Acest gen separator este denumit *sistem deschis*.

În anumite condiții, vacuum-ul format în tubul deflector creează o sarcină negativă în conducta suprascurgerii antrenînd în curentul de lichid clarificat, particule care în mod normal erau ejectate prin orificiul de jos ; de aceea se prevede un robinet pe conducta de suprascurgere care prin închiderea parțială crează o mică contrapresiune în con, permițînd astfel evacuarea particulelor în regim normal.

Sisteme închise. Cînd suprascurgerea este descărcată sub o contrapresiune este denumit sistem închis ; în acest caz evacuarea prin scurgerea de jos este asigurată prin deschiderea automată a ventilului recipientului colector de particule ; descărcarea automată este efectuată cu sisteme electrice sau pneumatice dotate cu mecanisme de orologerie pentru reglarea ciclului de descărcare necesar.

Date informative privind utilizarea hidrociclonului. Hidrociclonul cu diametrul de 2″ și 3″ separă particule cu un grad de finețe între 5 și 10μ și chiar mai fine.

Scanned with OKEN Scanner

1) *Hidrociclonul cu diametrul de 4''* separă fracțiunile dintre 10 și 30 μ, reținute de conul de 8'' ∅
2) *Hidrociclonul cu diametrul de 8''* separă particule de 30 μ și mai mari
3) *Hidriciclonul cu diametrul de 12''* separă particule mai mari cu 40 μ folosind grupul motor-pompă; motor 30 HP; pompa 5 × 6 cu debit de 1 700 l/min lucrînd în sistem deschis la presiunea de 19 at

Pentru protecția împotriva abraziunii conul și orificiul de jos se căptușesc cu elastomeri, iar tubul deflector este din oțel cu nichel.

C. MATERIALE DE CONSTRUCȚIE PENTRU POMPE

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească sînt :

1) *Să fie rezistente la abraziunea umedă, realizînd o performanță de uzură acceptabilă din punct de vedere economic*
2) *Să permită construirea în forme adecvate și cu toleranțe normale*
3) *Să aibă rezistența mecanică necesară*

Materialele mai indicate sînt :

1) *Cauciucul* are o foarte bună rezistență la abraziune cînd granulozitatea particulelor este sub 0,05 mm; între 0,5 și 1,25 mm se folosește cauciucul combinat cu metal; în condiții adecvate, durata de utilizare este pînă la de 10 ori mai mare ca a metalului. Este foarte indicat pentru pomparea tulburelii
2) *Fonta* cu duritate pînă la 600 grade Brinell
   Ceramicele doar pentru aplicații speciale, deoarece : costul este foarte mare față de performanțe, prelucrarea la toleranțele cerute este foarte dificilă, iar piesele fiind foarte fragile implică o manipulare foarte îngrijită
3) *Elastomerii sintetici, neoprenul, butilul, nitrilul, poliuretanul și alții*, prezintă în anumite cazuri avantaje față de cauciuc deși, în general, rezistența la abraziune este comparabilă

Scanned with OKEN Scanner

D. TRĂSĂTURI PRINCIPALE PRIVIND PROIECTAREA POMPELOR DE TULBUREALĂ

În fapt, pompa de tulbureală reprezintă un compromis între randamentul hidraulic şi rezistenţa la uzură, pentru obţinerea unei eficienţe economice optime. Astfel, un rotor cu diametrul mai mare necesită o turaţie mai joasă, deci o uzură mai redusă la admisia tulburelii, în schimb randamentul hidraulic este mai redus.

Uzura cea mai pronunţată nu este neapărat efectul vitezelor mici, ci se datoreşte turbulenţei şi apare acolo unde au loc vîrtejuri sau schimbări bruşte de secţiune.

De aceea sînt indicate căptuşelile de cauciuc din bucăţi detaşabile, care permit recondiţionarea pompei prin simpla înlocuire a părţii uzate.

1. Legarea în serie a pompelor centrifuge

Există două moduri de punere în serie : 1) *cuplarea pompelor grupate într-o singură staţie* ; 2) *plasarea pompelor, cîte una, din distanţă în distanţă.*

În cazul grupării colective a pompelor există avantajele :

1) *Controlul simplu al funcţionării şi exploatare convenabilă*
2) *Necesită un singur panou cu aparatura de control*
3) *Întreţinerea centrală este mai uşoară, intervenţii, înlocuirea pieselor uzate, acces etc.*
4) *Obiecţiile importante la gruparea pompelor se referă la presiunile mai mari pe care trebuie să le suporte conducta de refulare (care trebuie să fie din oţel), garniturile, lagărele şi corpurile de pompă, implică un montaj deosebit de îngrijit şi ancorarea sigură a conductelor de legătură*

Avantajele distanţării pompelor la intervale de-a lungul traiectului conductei de refulare :

1) *Necesită o etanşare mai puţin costisitoare*
2) *Permite folosirea unor conducte de joasă presiune din azbest sau material plastic*
3) *Riscuri şi daune mai mici în caz de accidente*

Scanned with OKEN Scanner

2. Regimul vitezelor pompelor de tulbureală

Acţionarea cu viteză variabilă este mai convenabilă deoarece :

1) *Debitul de tulbureală poate varia datorită fluxului de preparare*
2) *Raportul S/L se poate modifica, pentru economie de apă*
3) *Sarcina de refulare creşte cu înălţimea iazului*
4) *Lungimea conductei de tulbureală poate varia în funcţie de conturul de deversare în iaz*
5) *Randamentul pompei scade prin uzura sa şi deci trebuie sporită viteza*

Acţionarea cu viteză variabilă, în condiţiile unei judicioase supravegheri, poate asigura un consum minim de putere şi o durată de exploatare mai mare pentru piesele de uzură.

Deşi viteza variabilă apare atractivă, se pare totuşi că avantajele economice nu o justifică întotdeauna, existînd tendinţa ca instalaţia să fie acţionată la viteza de vîrf din considerente de convenienţă pentru operator.

3. Acţionarea pompelor de tulbureală

Acţionarea pompelor cu dislocare pozitivă ; de obicei sînt acţionate prin intermediul unui reductor, din cauza vitezei reduse necesară funcţionării — unităţile mari fiind direct cuplate, iar cele mici pot avea o transmisie de curele între motor şi reductor.

Acţionarea pompelor centrifuge : pînă la 300 CP transmisia cu curele V este cea mai indicată.

Pentru pompele mari, numărul rotaţiilor pe minut fiind mai redus şi puterea mai mare, devine necesară cuplarea directă a motorului cu reductorul. O altă posibilitate este cuplarea directă a pompei cu motor cu viteză redusă ; această soluţie este mai puţin economică, dar mai sigură şi mai silenţioasă ca funcţionare.

Motoare pentru acţionarea pompelor de tulbureală. Datorită dezvoltării redresorilor de curent, motoarele cu curent continuu sînt folosite din ce în ce mai mult.

Există felurite moduri de adaptare a motoarelor cu curent alternativ pentru a obţine variaţia vitezei în limite largi şi pentru puteri mari.

Astfel, pentru a varia viteza motorului de inducţie cu inele colectoare se conectează rezistenţe calibrate în circuitul rotorului.

Prin diferite aranjamente de comutatori la motorul de C.A. se obţine variaţia vitezei.

Scanned with OKEN Scanner

Mai recent, pentru a obține variația vitezei motorului de C.A. se-folosește motorul cu rotorul în scurt circuit și cu variația de frecvență.

Cînd mai mult pompe sînt aranjate în serie (sau cele cu plunger în paralel) se poate obține un debit variabil prin folosirea de motoare cu două viteze.

Cuplaje pentru variația vitezei. Există două sisteme importante: *cuplaje hidraulice* și *cuplaje cu curenți turbionari* (Foucault); nu sînt prea eficiente din cauza pierderii directe de energie — datorită alunecării.

Observație. Costul transportului sterilului, potrivit comunicării prezentate la Simpozionul de la Tucson Arizona S.U.A. — 1972, de către Richard Mc Elvain și I. Cave, [17] și Wasp, Thompson și Aude [40], este de 0,22—0,28 $[1]/t·km.

E. ÎNGROȘĂTOARE: tipuri reprezentative, construcția și dimensionarea; încercări de sedimentare — îngroșare și filtrare a reziduurilor de la spălătoriile din Valea Jiului.

În procesul sedimentației, prin depunerea sub acțiunea gravitației se înlătură particulele solide aflate în suspensie într-un fluid și acest proces poate fi divizat în două operații funcționale, de *îngroșare* și *limpezire*.

Scopul primar al îngroșării este sporirea concentrației cantității — relativ mare — de suspensii solide din fluidul respectiv, pe cînd al limpezirii este îndepărtarea cantității relativ mică de suspensii fine și să producă un efluent limpede; pentru aceasta se folosesc în mod frecvent floculanți ca să faciliteze coagularea și limpezirea.

Într-un decantor, concentrația suspensiilor solide variază de la un efluent lipsit complet de suspensii la părăsirea preaplinului, pînă la șlamul care se scurge pe fund.

Cu toate că variația în concentrație este continuă, concentrațiile la diferite adîncimi pot fi grupate în zone.

Figura II. 26. ilustrează fluxul; pulpa intră prin centru, iar apa — respectiv lichidul — clarificată, iese pe preaplinul de la periferie, în timp ce pulpa îngroșată se scurge pe fundul rezervorului.

Pentru determinarea suprafeței îngroșătorului se folosește în mod curent formula Coe și Clevenger:

$$A = \frac{1{,}33\,(F - D)}{RS},$$

[1] 1 $ S.U.A. = 100 ¢

Scanned with OKEN Scanner

în care: A este secțiunea rezervorului, în picioare pătrate[1] (tonă scurtă[2] de steril solid/24 h);
R — viteza de sedimentare, în picioare/h a unei tulbureli de diluție F;
S — greutatea specifică a tulburelii;
F — diluția tulburelii — raportul lichid/solid la intrare;
D — diluția șlamului la ieșirea din îngroșător.

În afară de metoda Coe și Clevenger, metoda Kynch [48] se folosește de asemenea pentru determinarea suprafeței necesare pentru îngroșare — în condiții critice — pe tona de solid uscat pe 24 h, metodă folosită de regulă pentru tulbureli tratate cu floculanți, aplicînd formula:

$$A = \frac{t_x}{C_0 H_0},$$

în care: A este secțiunea de decantare, în picioare pătrate/tonă solid zi;
t_x — timpul, în zile;
C_0 — concentrația inițială (la intrare în tone scurte de steril solid/picior[3] de tulbureală);
H_0 — înălțimea inițială, în picioare.

Necesitățile procesului tehnologic, precum și reglementările legale pentru protecția emisarilor, duc la recircuitarea unor cantități cît mai mari posibile de apă, de la spălarea cărbunelui.

Potrivit acestui scop, metoda clasică de recuperare a apei de la instalațiile de prepararea cărbunelui constă într-un sistem de îngroșare a suspensiilor solide concomitent cu o suficientă limpezire a apei uzate, încît să poată fi refolosită la spălare. Odată cu aceasta se recuperează și o parte din coagulanți, fiind readuși în instalație.

Produsul îngroșat poate fi trimis spre depozitare la halda de steril sau în instalații de deshidratare-filtrare sub vid (pe filtre cu tambur sau cu disc) sau filtre presă.

Limpezirea apei și îngroșarea nămolului (cu suspensii) are loc — în mod continuu prin gravitație — în îngroșător; acesta poate produce o apă suficient de limpede — cu pînă la 0,5% suspensii solide la preaplin, care poate fi refolosită în uzina de preparare [47].

---

[1] Picior pătrat = 0,0929 m².
[2] Tona scurtă = 907,2 kg.

Scanned with OKEN Scanner

Evacuarea nămolului din îngroșător trebuie efectuată într-un mod adecvat, altfel ar spori conținutul suspensiilor extrem de fine în apa recircuitată, ceea ce ar diminua eficiența instalației de spălare avînd ca rezultat un produs cu umiditate și conținut de cenușă mai mare.

Datorită cantităților mari de suspensii coloidale și semicoloidale în procesul de spălare, utilizarea de floculanți este indispensabilă pentru a obține o decantare efectivă a acestor particule foarte fine; totodată realizarea de concentrații mai mari în particule solide este un alt factor dorit, care afectează în mod pozitiv deshidratarea acestui nămol, prin tipul de utilaj care trebuie adoptat și prin facilitatea operației. Este imperativ ca evacuarea acestui material de pe fundul îngroșătorului să se efectueze în același ritm cu decantarea, altfel suspensiile care s-ar evacua prin preaplin ar spori conținutul în particule solide al apei de preparare.

Există 4 tipuri reprezentative de îngroșătoare circulare care de fapt diferă prin modul de sprijinire și de acționare a mecanismelor [48]: 1) *cu mecanismul susținut pe punte*; 2) *cu mecanismul susținut pe o coloană centrală și cu acționare centrală*; 3) *cu mecanismul susținut pe o coloană centrală, dar cu brațul de acționare la periferia rezervorului denumit îngroșător cu tracțiune*; 4) *cu taler, care este o variantă a mecanismului susținut pe punte cu mai multe compartimente unul deasupra celuilalt cu mecanism comun de acționare.*

Îngroșătoarele cu mecanismul de acționare susținut pe punte sînt cele mai răspîndite; au diametrul pînă la 50 m (fig. IV.17).

Mecanismul de acționare constă dintr-un angrenaj elicoidal montat în lagăre și acționat de motor prin intermediul unui sau două reductoare (fig. IV.18). La reductorul principal este atașat axul de transmisie. De regulă, la axul central sînt atașate două brațe racloare.

Brațul lung are suficiente palete ca să răzuiască fundul rezervorului de două ori într-o rotație și cînd este necesar se prevăd două brațe adiționale pentru a racla aria de la centru de 4 ori într-o rotație, pentru a înlătura marea cantitate de particule grosiere care se depun aproape de centru. Pe axa centrală este fixat un con răzuitor care împiedică înfundarea conului de evacuare.

Podul — grindă cu zăbrele — susține mecanismul îngroșătorului, pasarela și conducta sau jgheabul de alimentare.

De obicei, unitățile sînt prevăzute cu dispozitive de ridicare manuale sau mecanizate (fig. IV.19, *a*, *b*), cu care, la suprasarcini se ridică mecanismul de acționare împreună cu axul central și brațele de raclare, spre a evita înțepenirile în șlamurile tixotropice.

Scanned with OKEN Scanner

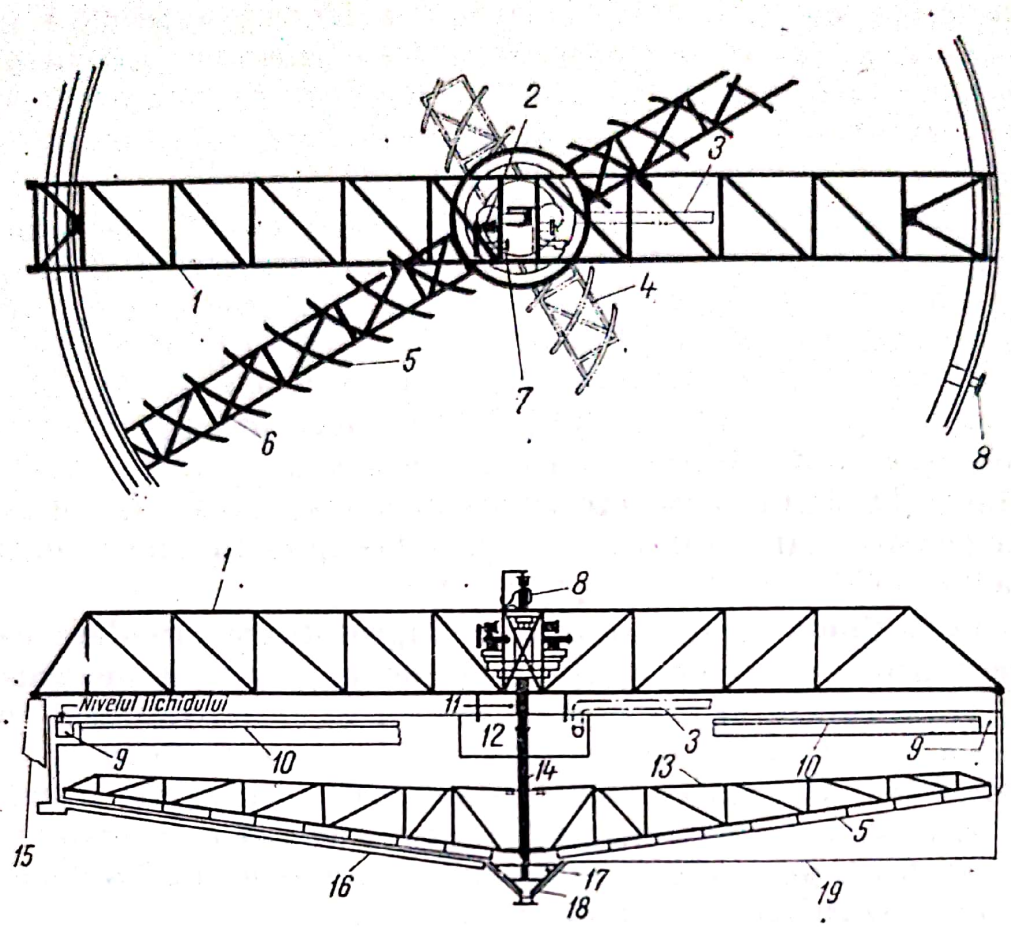


Fig. IV. 17. Îngroşător:

1 — suprastructură; *2* — motor de acţionare; *3* — conductă de alimentare; *4* — braţe scurte; *5* — palete racloare; *6* — braţe lungi; *7* — comandă de acţionare cu indicator de sarcină; *8* — scurgerea jgheabului de preaplin; *9* — jgheab de preaplin; *10* — deversor; *11* — lagăr de ghidaj; *12* — recipient de distribuţie; *13* — braţ; *14* — ax central; *15* — stîlp exterior de susţinere; *16* — rezervor de beton; *17* — con răzuitor; *18* — con de evacuare; *19* — rezervor de otel.

În cazul şlamurilor tixotropice structura braţelor este deasupra nivelului şlamului şi numai racloarele sînt în contact cu şlamul spre a reduce frecarea cu părţile în mişcare şi pentru a evita antrenarea continuă în jurul axului a unor ,,cilindri'' de şlam care se formează în zona de compresie (fig. IV.20).

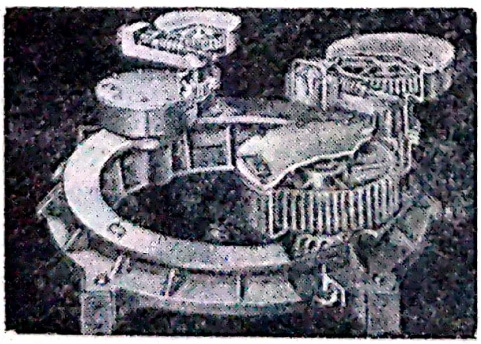


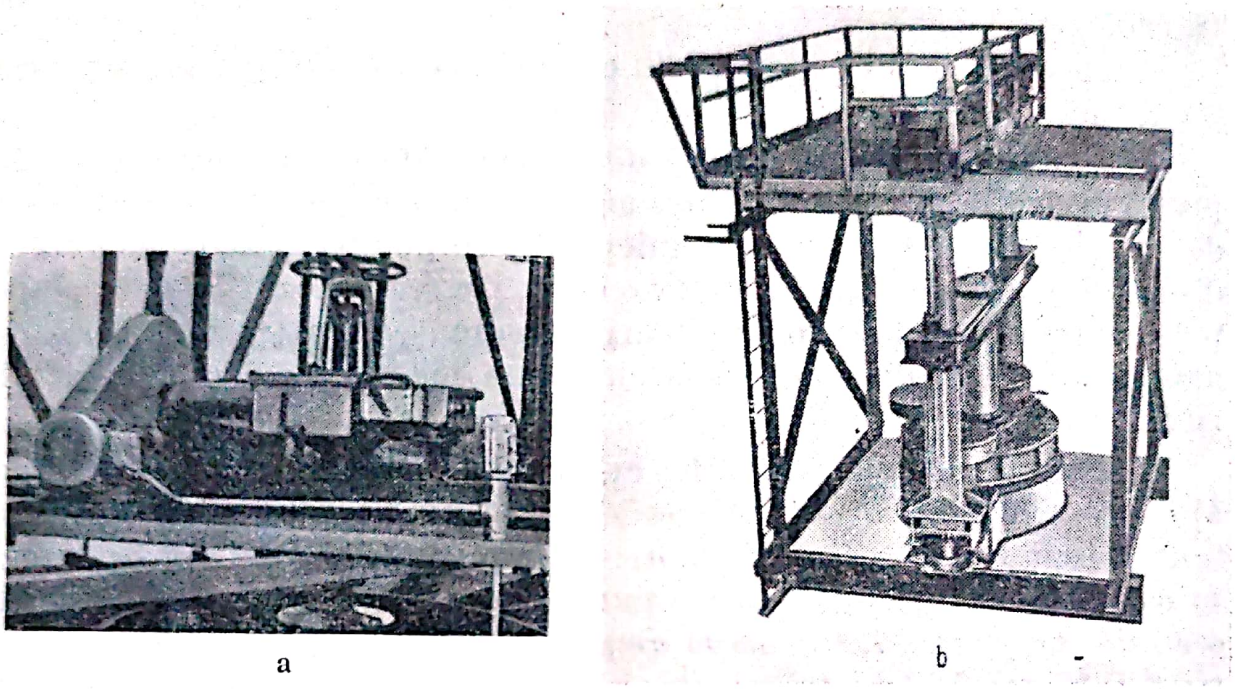
Fig. IV. 18. Mecanism de acţionare.

Un îngroşător de 70 m diametru este acţionat de un motor de 15 CP, cu o viteză periferică de circa 8 m/s, respectiv 0,04 rot/min.

Rezervorul propriu-zis, reprezentînd circa 50% din cost, este construit din oţel sau beton, sau numai cu fund de beton, lemn sau pămînt compactat.

Scanned with OKEN Scanner

Alimentarea cu tulbureală prin conductă sau jgheab trebuie făcută cu minimum de turbulenţă, ca să faciliteze sedimentarea, în care scop se prevede un recipient de distribuţie uniformă a tulburelii la deversarea în rezervor.



a b

Fig. IV. 19. Dispozitiv de ridicare Eimco :
a — manual; *b* — cu motor.

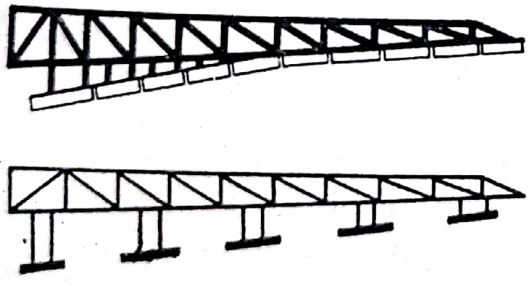


Fig. V.20. Braţe racloare pentru şlamuri tixotropice.

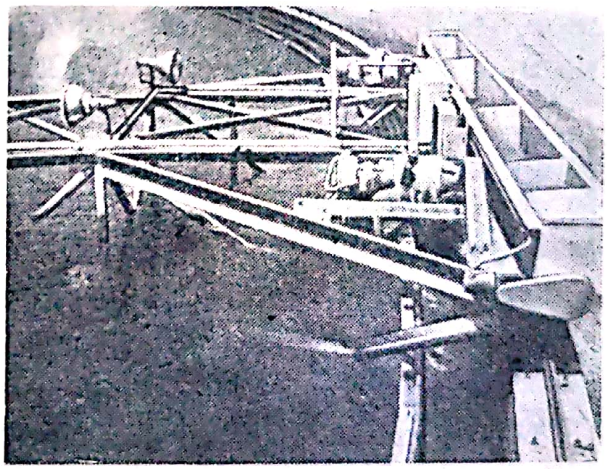


Fig. IV 21. Cărucior de tracţiune cu acţionare electrică.

Îngroşătorul cu tracţiune foloseşte un cărucior acţionat electric care se deplasează pe peretele rezervorului împreună cu grinda cu zăbrele care antrenează axul central cu braţele racloare (lungi + cele scurte : fig. IV.21).

Scanned with OKEN Scanner

Dezavantajele îngroșătorului cu tracțiune sînt: 1) *nu poate folosi un dispozitiv de ridicare*; 2) *funcționare anevoioasă în climat cu zăpadă și gheață care pot provoca alunecarea mecanismului de tracțiune*; 3) *cuplul de rotire se transmite în mod neconvenabil de la periferie la centru.*

Apa clarificată de la preaplin este preluată de un jgheab periferic cu deversor.

Sedimentul adus la centru de sistemul de raclare este evacuat prin gravitație — trecînd printr-un orificiu sau ventil cu comandă, dar de cele mai multe ori este îndepărtat cu pompa, care este cuplată direct la conul sau canalul de evacuare. De regulă, sînt folosite pompele centrifuge pentru volume mari; în anumite situații sînt recomandate pompele cu diafragmă sau cu piston pentru a asigura un debit ritmic de evacuare.

Există 4 aranjamente de evacuare a șlamului (fig. IV.22): 1) *cu conductă îngropată, inaccesibilă*; 2) *cu conductă accesibilă prin tunel pe sub rezervor* (fig. IV.22, *a*); 3) *evacuare periferică din rezervor*; 4) *cu pompare*; *tragerea prin conductă verticală ce trece prin coloana centrală, pe pasarelă, la pompa amplasată în afara perimetrului rezervorului* (fig. IV.22, *b*); acest aranjament este mai economic deoarece pompele și legăturile costă 5—10%, iar tunelul depășește 15% din totalul îngroșătorului. Conducta verticală este demontabilă; fiind montată într-o manta cilindrică, se poate desfunda și prin injectare de apă sub presiune (fig. IV.22, *c*), [47].

O altă variantă de evacuare prin pompare constă în amplasarea pompei submersibile (fig. IV.22, *d*) aproape de talpa coloanei centrale în care se acumulează șlamul. Pompa are un foarte bun randament prin evitarea conductei lungi de aspirație.

Îngroșătoarele sînt echipate cu aparatură de control semi sau complet automată și la distanță, pentru a le adapta la condițiile cerute de funcționarea normală — variația sarcinii, a alimentării, concentrația în solide etc., controlul evacuării și protecția mecanismelor de acționare.

În general, folosirea de floculanți este indispensabilă, de tip anorganic (sulfat de aluminiu, var, săruri de fier și acid sulfuric) și organic (amidon pregelatinizat, polimeri etc.).

Chimicalele se stochează în concentrații mult mai mari ca 0,5—1,0% și se diluează la 0,025—0,1% înainte de amestec.

Scanned with OKEN Scanner

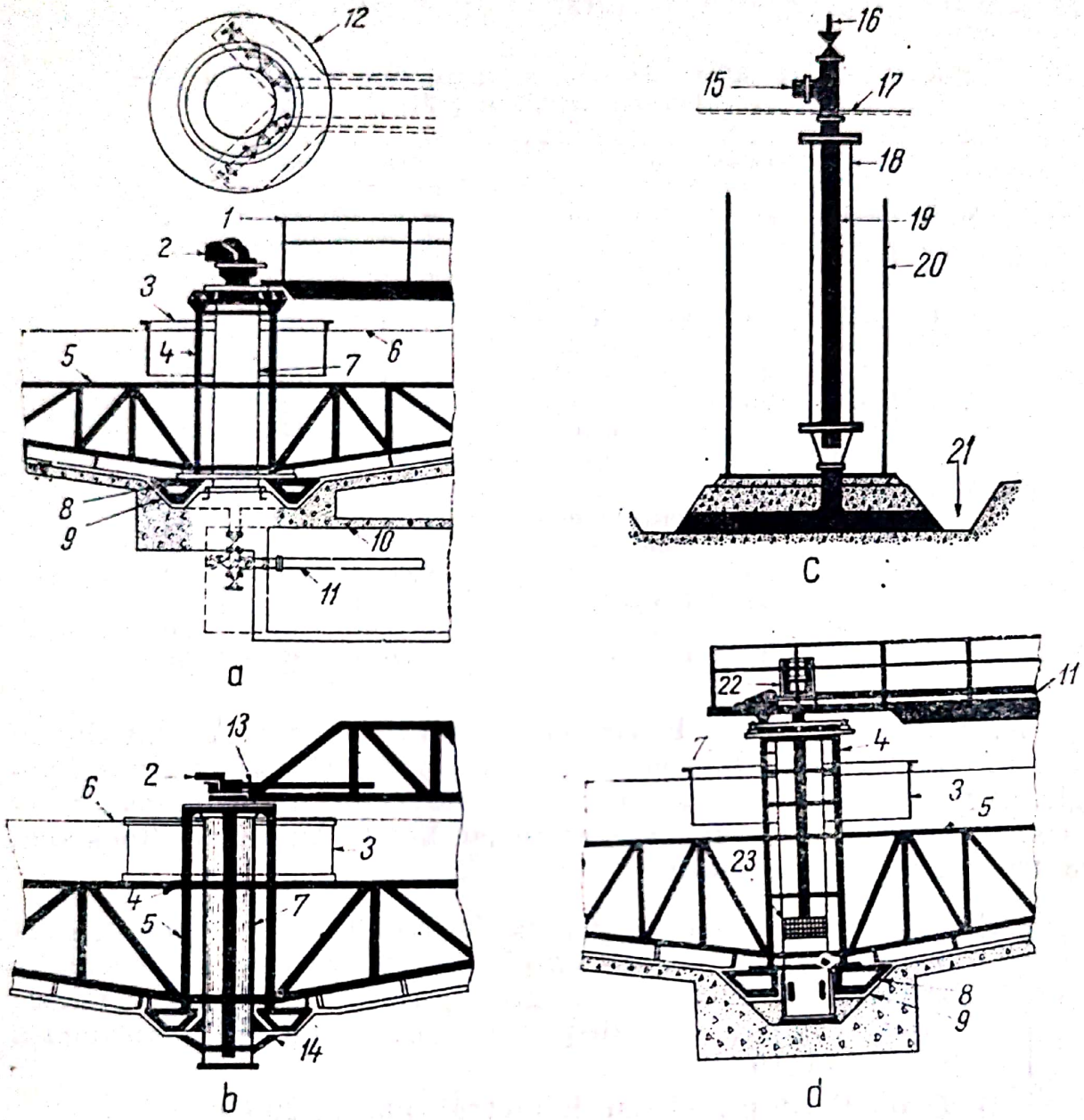


Fig. IV. 22. Sisteme de pompare:

a — sistem standard cu tunel; *b* — sistem subteran de pompare cu conductele de evacuare trecînd în sus prin coloana centrală; *c* — sistem subteran de pompare cu conducta de evacuare amovibilă trecînd în sus prin coloana centrală; *d* — sistem de pompare submersibil; *1* — pasarelă; *2* — grup de acționare; *3* — alimentare; *4* — carcasă; *5* — brate; *6* — nivelul apei; *7* — coloană centrală; *8* — con răzuitor; *9* — con de evacuare; *10* — tunel; *11* — conducte de evacuare subterană; *12* — vedere de sus; *13* — conductă de evacuare amplasată pe pasarelă; *14* — conducte de evacuare; *15* — aspirația din subteran și spre pompa centrifugă; *16* — cota dispozitivului de acționare; *17* — conductă de apă — înaltă presiune; *18* — conductă exterioară (manta); *19* — conductă de aspirație amovibilă; *20* — coloană centrală din oțel; *21* — șanț de evacuare; *22, 23* — pompă submersibilă.

Scanned with OKEN Scanner

Din urmărirea funcţionării a 12 spălătorii de cărbune în S.U.A., care folosesc îngroşătoare s-a constatat o funcţionare optimă la un pH = 7 şi s-au înregistrat rezultatele din tabelul IV.2.

Tabelul IV.2. **Rezultate obţinute cu îngroşătoare la spălarea cărbunelui în S.U.A. [47]**

Nr. crt.	Suspensii solide, %			Granulometrie		Cenuşă
	Intrare	Evacuare	Preaplin	% sită 28 (0,589 mm)	% sită 200 (0,074 mm)	%
1	1,70	33	Limpede	0,00	55	42
2	3,40	35	0,50	0,30	87	31
3	5,60	30	0,40	7,00	57	70
4	3,00	25	0,01	16,00	43	43
5	3,00	35	0,70	5,00	30	11
6	2,40	25	0,19	17,00	47	25
7	0,70	25	0,05	3,00	65	58
8	3,00	27	Potrivit de limpede	4,00	76	53
9	3,60	30	0,20	0,00	67	68
10	3,00	22	Limpede	—	—	—
11	3,00	40	0,10—0,40	—	—	30
12	5,00	40	Limpede	0,00	80	38

Îngroşătoarele Eimco Enviroteh Corporation—S.U.A. sînt dintre cele mai răspîndite şi cu excelenţi parametri funcţionali, graţie tehnologiei avansate — avînd un remarcabil centru propriu de cercetări — şi construcţiei de utilaj **în colaborare cu North American Rockwell, are trei tipuri reprezentative :**

1) *Tipul B* (cu diametrul pînă la 33,00 m) cu mecanismul susţinut pe o grindă simplă sau cu zăbrele — acţionarea braţelor se face prin angrenaj reductor şi ax vertical; este echipat cu dispozitiv de ridicare automată (v. fig. IV.19, *b*)
2) *Tipul C* adaptabil (cu diametrul pînă la 200,00 m
3) *Tipul I* (cu diametrul pînă la 105,00 m) instalat pe un rezervor din beton cu acţionare periferică — cu tracţiune — echipat cu aparataj de control automatizat

Se redau în continuare tabelele şi nomograma, elaborate de Eimco Enviroteh pentru calculul pulpei (tulburelii; fig. IV.23).

În continuare se redau tabelele IV.3, IV.4 şi nomograma din fig. IV.23 elaborată de Eimco Enviroteh pentru calculul pulpei

Scanned with OKEN Scanner

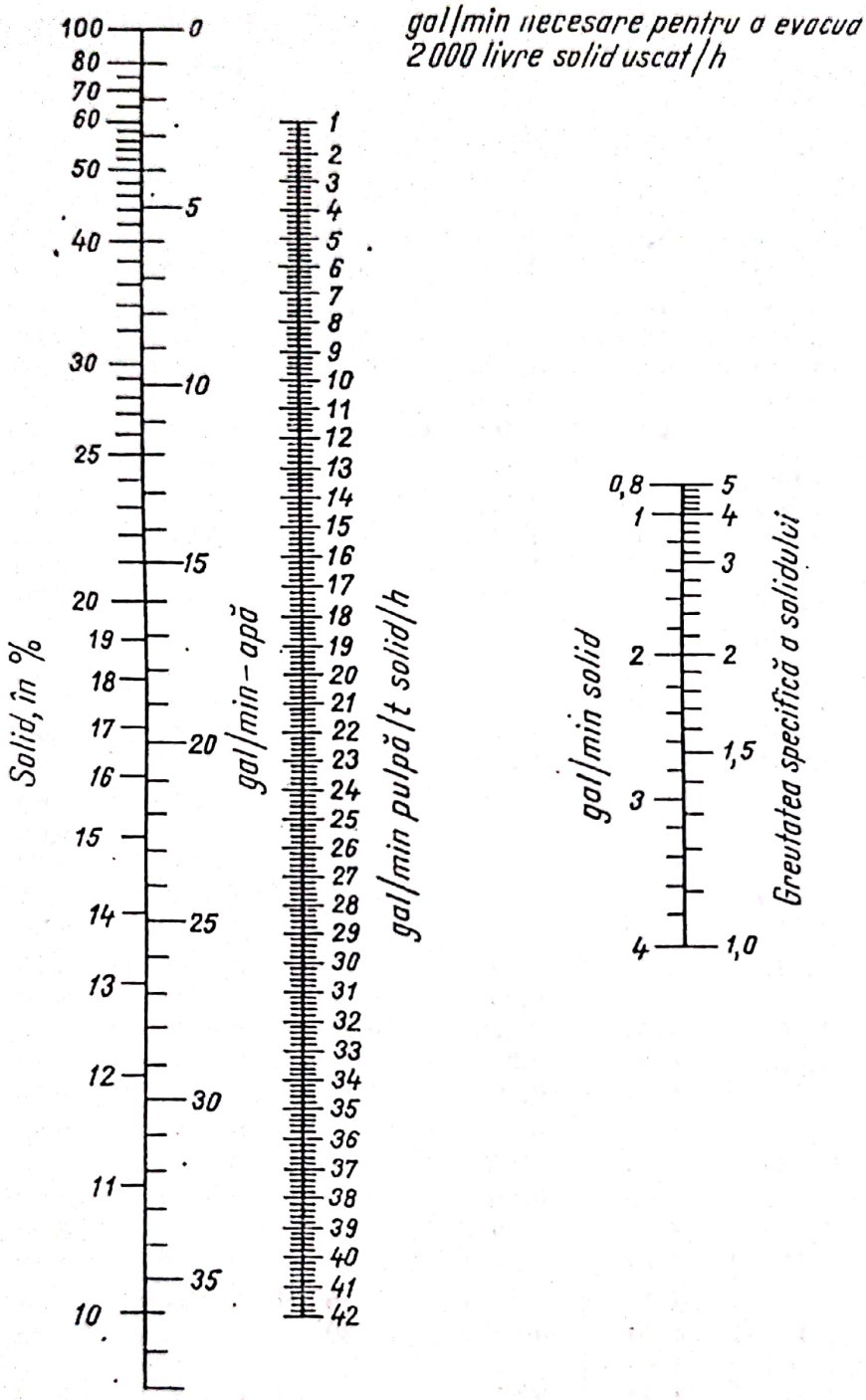


Fig. IV. 23. Nomogramă pentru calculul pulpei (Eimco-Enviroteh) :

1gallon (gal) = 3,785 l ; gal/min × 0,06308 = l/s.

Tabelul IV.3. **Înmulţitorul Z, în gal/min solid**

Greutatea specifică S	Înmulţitorul Z gal/min solid	Greutatea specifică S	Înmulţitorul Z gal/min solid	Greutatea specifică S	Înmulţitorul Z gal/min solid	Greutatea specifică S	Înmulţitorul Z gal/min solid
1,00	4,000	3,00	1,333	5,00	0,8000	7,00	0,5714
1,05	3,810	3,05	1,311	5,05	0,7920	7,05	0,5673
1,10	3,636	3,10	1,290	5,10	0,7840	7,10	0,5634
1,15	3,478	3,15	1,270	5,15	0,7770	7,15	0,5594
1,20	3,333	3,20	1,250	5,20	0,7690	7,20	0,5556
1,25	3,200	3,25	1,231	5,25	0,7620	7,25	0,5517
1,30	3,077	3,30	1,212	5,30	0,7550	7,30	0,5480
1,35	2,963	3,35	1,194	5,35	0,7480	7,35	0,5442
1,40	2,857	3,40	1,176	5,40	0,7410	7,40	0,5405
1,45	2,759	3,45	1,160	5,45	0,7340	7,45	0,5369
1,50	2,667	3,50	1,143	5,50	0,7270	7,50	0,5333
1,55	2,581	3,55	1,127	5,55	0,7210	7,55	0,5298
1,60	2,500	3,60	1,111	5,60	0,7140	7,60	0,5263
1,65	2,424	3,65	1,096	5,65	0,7080	7,65	0,5228
1,70	2,353	3,70	1,081	5,70	0,7020	7,70	0,5195
1,75	2,286	3,75	1,067	5,75	0,6960	7,75	0,5161
1,80	2,222	3,80	1,053	5,80	0,6900	7,80	0,5128
1,85	2,162	3,85	1,040	5,85	0,6840	7,85	0,5095
1,90	2,105	3,90	1,026	5,90	0,6780	7,90	0,5063
1,95	2,051	3,95	1,013	5,95	0,6720	7,95	0,5031
2,00	2,000	4,00	1,000	6,00	0,6670	8,00	0,5000
2,05	1,951	4,05	0,988	6,05	0,6610	8,05	0,4969
2,10	1,905	4,10	0,976	6,10	0,6557	8,10	0,4938
2,15	1,860	4,15	0,964	6,15	0,6500	8,15	0,4908
2,20	1,818	4,20	0,952	6,20	0,6452	8,20	0,4878
2,25	1,778	4,25	0,941	6,25	0,6400	8,25	0,4848
2,30	1,739	4,30	0,930	6,30	0,6349	8,30	0,4819
2,35	1,702	4,35	0,920	6,35	0,6300	8,35	0,4790
2,40	1,667	4,40	0,909	6,40	0,6250	8,40	0,4762
2,45	1,633	4,45	0,899	6,45	0,6200	8,45	0,4734
2,50	1,600	4,50	0,889	6,50	0,6154	8,50	0,4706
2,55	1,569	4,55	0,879	6,55	0,6110	8,55	0,4678
2,60	1,538	4,60	0,8696	6,60	0,6061	8,60	0,4651
2,65	1,509	4,65	0,8602	6,65	0,6015	8,65	0,4624
2,70	1,482	4,70	0,8511	6,70	0,5970	8,70	0,4598
2,75	1,455	4,75	0,8421	6,75	0,5926	8,75	0,4571
2,80	1,429	4,80	0,8333	6,80	0,5882	8,80	0,4545
2,85	1,404	4,85	0,8247	6,85	0,5839	8,85	0,4520
2,90	1,379	4,90	0,8163	6,90	0,5797	8,90	0,4494
2,95	1,356	4,95	0,8081	6,95	0,5755	8,95	0,4469

Observaţii : 1) $Z = 4\ \frac{1}{S}$; 1 gal = 3,785 l; gal/min × 0,06308 = l/s.

2) Cînd debitul de alimentare este exprimat în tone lungi pe oră, se transformă în tone scurte prin înmulţirea cu 1,12 şi astfel tabelele se folosesc fără nici o altă corecţie.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul IV.4. **Înmulțitorul K, în gal/min apă**

M, % solid	Înmulțitorul K	M, % solid	Înmulțitorul K	M, % solid	Înmulțitorul K	M, % solid	Înmulțitorul K	M, % solid	Înmulțitorul K
1,00	396,000	11,00	32,364	21,00	15,048	41,00	5,756	61,00	2,557
1,25	316,000	11,25	31,556	21,50	14,605	41,50	5,639	62,00	2,452
1,50	262,667	11,50	30,783	22,00	14,182	42,00	5,524	63,00	2,349
1,75	224,571	11,75	30,043	22,50	13,778	42,50	5,412	64,00	2,250
2,00	196,000	12,00	29,333	23,00	13,391	43,00	5,302	65,00	2,154
2,25	173,778	12,25	28,653	23,50	13,021	43,50	5,195	66,00	2,061
2,50	156,000	12,50	28,000	24,00	12,667	44,00	5,091	67,00	1,970
2,75	141,455	12,75	27,373	24,50	12,327	44,50	4,989	68,00	1,882
3,00	129,333	13,00	26,769	25,00	12,000	45,00	4,889	69,00	1,797
3,25	119,077	13,25	26,189	25,50	11,686	45,50	4,791	70,00	1,714
3,50	110,286	13,50	25,630	26,00	11,385	46,00	4,696	71,00	1,634
3,75	102,667	13,75	25,091	26,50	11,094	46,50	4,602	72,00	1,556
4,00	96,000	14,00	24,571	27,00	10,815	47,00	4,511	73,00	1,479
4,25	90,118	14,25	24,070	27,50	10,545	47,50	4,421	74,00	1,405
4,50	84,889	14,50	23,586	28,00	10,286	48,00	4,333	75,00	1,333
4,75	80,210	14,75	23,119	28,50	10,035	48,50	4,247	76,00	1,263
5,00	76,000	15,00	22,667	29,00	9,793	49,00	4,163	77,00	1,195
5,25	72,190	15,25	22,230	29,50	9,559	49,50	4,081	78,00	1,128
5,50	68,727	15,50	21,806	30,00	9,333	50,00	4,000	79,00	1,063
5,75	65,565	15,75	21,397	30,50	9,115	50,50	3,921	80,00	1,000
6,00	62,667	16,00	21,000	31,00	8,903	51,00	3,843	81,00	0,938
6,25	60,000	16,25	20,615	31,50	8,698	51,50	3,767	82,00	0,878
6,50	57,538	16,50	20,242	32,00	8,500	52,00	3,692	83,00	0,819
6,75	55,259	16,75	19,881	32,50	8,308	52,50	3,619	84,00	0,762
7,00	53,142	17,00	19,529	33,00	8,121	53,00	3,547	85,00	0,706
7,25	51,172	17,25	19,072	33,50	7,940	53,50	3,477	86,00	0,651
7,50	59,333	17,50	18,857	34,00	7,765	54,00	3,407	87,00	0,598
7,75	47,613	17,75	18,535	34,50	7,594	54,50	3,339	88,00	0,545
8,00	46,000	18,00	18,222	35,00	7,429	55,00	3,273	89,00	0,494
8,25	44,485	18,25	17,918	35,50	7,268	55,50	3,207	90,00	0,444
8,50	43,059	18,50	17,622	36,00	7,111	56,00	3,143	91,00	0,396
8,75	41,714	18,75	17,333	36,50	6,959	56,50	3,080	92,00	0,348
9,00	40,444	19,00	17,053	37,00	6,811	57,00	3,018	93,00	0,301
9,25	39,243	19,25	16,779	37,50	6,667	57,50	2,957	94,00	0,255
9,50	38,105	19,50	16,513	38,00	6,526	58,00	2,897	95,00	0,210
9,75	37,026	19,75	16,253	38,50	6,390	58,50	2,838	96,00	0,167
10,00	36,000	20,00	16,000	39,00	6,256	59,00	2,780	97,00	0,124
10,25	35,024	20,25	15,753	39,50	6,127	59,50	2,723	98,00	0,082
10,50	34,095	20,50	15,512	40,00	6,000	60,00	2,667	99,00	0,0404
10,75	33,209	20,75	15,277	40,50	5,877	60,50	2,612	100,00	—

Observație: $K = \frac{4(1 - M)}{M}$ în care M se ia în % solid sau în % diluție de pulpă.

Scanned with OKEN Scanner

(tulburelii). **Aceste tabele se folosesc pentru a determina pulpa, în gal[1] /min, cunoscînd :**

$$\begin{cases} t/h & : \text{t/h solid (steril) uscat (2 000 livre/t)} \\ S & : \text{greutatea specifică a solidului uscat} \\ \%M & : \text{procentajul diluției, în \% solid} \end{cases}$$

Această metodă exprimă gal/min dintr-o pulpă constînd din solid în gal/min și apă, în gal/min (tabelele IV.3 și IV.4) :

$$\begin{cases} \text{gal/min pulpă (gal/min solid + gal/min apă)} \\ \text{gal/min pulpă} = \dfrac{t/h \times 2\,000}{8{,}33 \times 60 \times (S)} + \dfrac{t/h \times 2\,000}{8{,}33 \times 60 \times (1)} \cdot \dfrac{1 - M}{M} \\ \text{gal/min pulpă} = t/h\ \dfrac{4}{S} + t/h\ 4\,\dfrac{1 - M}{M} \\ \text{sau :} \\ \text{gal/min pulpă} = t/h\ \ (Z)^x + t/h\ \ (K)^x \end{cases}$$

De exemplu, folosind tabelul IV.3 (gal/min solid) și tabelul IV.4 (gal/min apă), putem determina gal/min pulpă ; astfel, pentru : $a = 130$ t/h solid ; $b = 1{,}87$ greutatea specifică ; $c =$ diluție 55% solid, din tabelul IV.3 (Z), $\gamma = 1{,}87$ g/cm^3, $Z = 2{,}14$.
Deci solid (gal/min) $= 130 \times 2{,}14 = 278{,}50$. Din tabelul IV.4 (K), pentru solid $(M) = 55$, $K = 3{,}27$. Astfel apă (gal/min) $= 130 \times$ $\times\ 3{,}27 = 425{,}00$. Deci total pulpă gal/min) $= 703{,}5$.

În continuare se dau instrucțiuni detaliate pentru folosirea tabelelor respective.

1) *Spre a găsi apă, în gal/min* : dacă t_{ph} solid este 6,25 și % solid (M) este 12, în tabelul IV.4 la % solid (12%) se citește valoarea lui K de 29,333 gal/min/t_{ph} ; se înmulțește K cu $t_{ph} = 29{,}333 \times 6{,}25 =$ $= 183{,}33$ gal/min apă.

2) *Spre a găsi pulpa, în gal/min* : dacă apa este 183,33 gal/min, greutatea specifică a solidului uscat este 5,00 și t_{ph} solid uscat este 6,25 ; în tabelul IV. 3 cu (S) de 5,00 se citește valoarea lui Z de 0,80 gal/min solid/t_{ph} și se înmulțește Z cu $t_{ph} = 0{,}80 \times 6{,}25$ obținînd 5,00 gal/min solid ; se adună 5,00 gal/min solid cu 183,33 gal/min apă, rezultînd un total de 188,33 gal/min pulpă.

3) *Spre a găsi % solid* (M) : dacă apa este 213,7 și t_{ph} solid uscat este 2,08 se împarte gal/min apă (213,7) la t_{ph} solid uscat (2,08) și

[1] 1 gallon = 3,785 l.

Scanned with OKEN Scanner

se obţine 102,740, înmulţitorul K, gal/min apă/t_{ph} ; se caută în tabelul IV.4 valoarea 102,740 şi se ia cea mai apropiată cifră 3,75% solid.

4) *Spre a găsi greutatea specifică* (S) : dacă pulpa este 973,31 gal/min apa este 909,65 gal/min şi t_{ph} solid uscat este 45,83 ; se scade apa 909,65 gal/min din pulpă 973,31 gal/min şi se obţine 63,66 gal/min solid. Acest rezultat se împarte la 45,83 t_{ph} solid uscat/t_{ph} spre a obţine un înmulţitor Z 1,389 gal/min solid/t_{ph}. Se caută în tabelul IV.3 greutatea specifică S corespunzătoare lui $Z = 1{,}389$ care este apropiată de 2,90.

Cu toate că tabelele dau valori de calcul exacte pentru pulpă, nomograma care însoţeşte aceste tabele este ideală pentru evaluări expeditive.

Încercări de sedimentare — îngroşare şi filtrare a reziduurilor de la spălătoriile din Valea Jiului

Cu ocazia vizitei făcute în anul 1968 la Centrul de cercetări Eimco Corporation din Palatine, Illinois — S.U.A., am luat cunoştinţă de rezultatele încercărilor de sedimentare-îngroşare şi filtrare a apelor şi şlamurilor de la spălătoriile de la Lupeni (tabelul IV.5), Coroeşti şi Petrila (efectuate la acest centru de către dr. Donald Dahlstrom, Roland de Pitray şi Jan Wolf [49].

Tabelul IV.5. **Analiza şlamurilor de la spălarea cărbunelui din Valea Jiului**

Sita U.S.	Sita Mesh.	Diametrul particulelor mm	Coroeşti, %	Lupeni, %	Petrila, %
+ 20	—	0,841	0,10	1,98	4,07
− 20	+ 50	0,841 − 0,297	4,57	26,03	21,32
− 50	+100	0,297 − 0,149	9,66	25,12	18,22
−100	+200	0,149 − 0,074	20,04	16,94	17,44
−200	+325	0,074 − 0,044	7,38	4,31	6,18
−325	—	0,044	58,25	25,07	32,77
		Total	100,00	100,00	100,00
		Cenuşă	32,30	29,10	35,30

Încercările s-au făcut în două faze :

Faza I. *Sedimentarea prin gravitaţie* — îngroşarea suspensiilor solide — spre a obţine o limpezire acceptabilă a apei la preaplin pentru a putea fi recircuitată în spălătorie sau evacuată în emisar fără a-l polua.

Faza II. *Filtrarea şlamului îngroşat* spre a obţine un material deshidratat cu o umiditate sub 26%.

Scanned with OKEN Scanner

Lupeni. Rezultate şi recomandări. Sedimentare (fig. IV.24). Curba *I* fără floculant; suprafaţa necesară pentru îngroşare este de 1,48 m²/t solid uscat/zi; nu asigură o limpezire cu suspensii sub 1 g la preaplin şi prezintă pericol de acumulare a particulelor extrem de fine, în caz de recircuitare a apei preaplin — spălătorie. Curba *II*, cu adaos de alaun şi Separan NP10 — tipul neionic (Dow Chemical Co.); suprafaţa necesară pentru îngroşare este de 0,97 m²/t steril

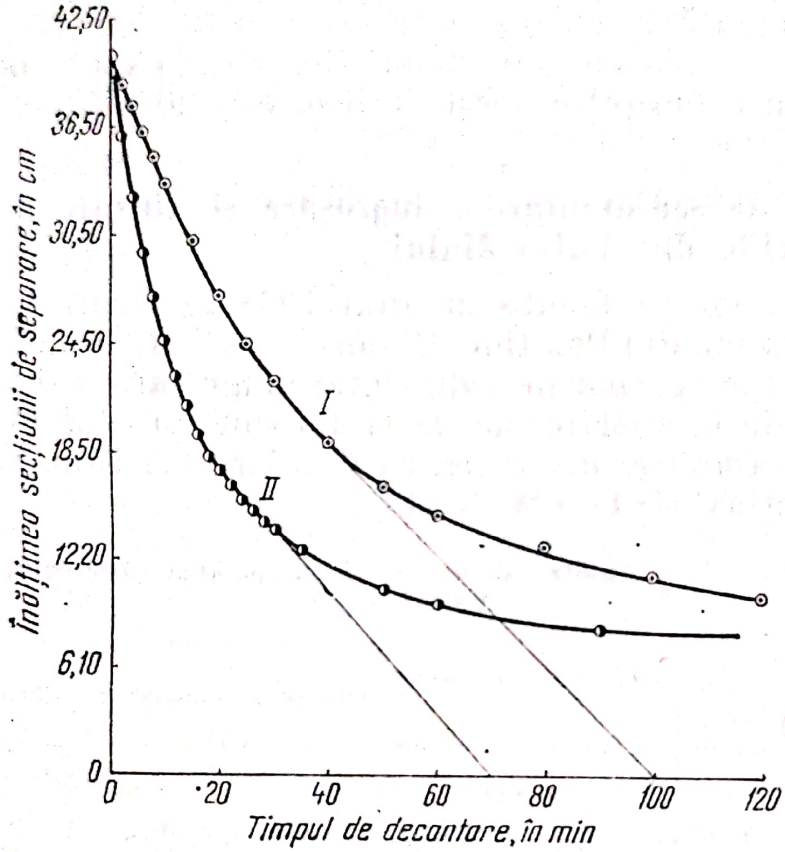


Fig. IV. 24. Spălătoria de cărbune Lupeni. Decantarea suspensiilor —100 g solid/l;
I — fără floculant; *II* — cu 30g alaun+5g Separan NP10/t steril uscat.

uscat/zi; concentraţia în suspensii solide este peste 60%, ceea ce este satisfăcător pentru filtru, iar limpezirea la preaplin 78 ppm după 20 min sau 60 ppm după 40 min, ceea ce permite recircuitarea sau evacuarea în emisar.

Se recomandă ca mecanismul de raclare al îngroşătorului să fie dimensionat şi acţionat în mod adecvat; de asemenea, alimentarea şi adaosul de floculant trebuie să fie omogene, iar jgheabul de preaplin să aibă secţiune corespunzătoare gradului de limpezire.

Filtrarea. Din îngroşătoare se evacuează 105 m²/h şlam; 350—500 g/l suspensii; 40—50 t/h steril uscat.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru filtrarea şlamului se recomandă :

- *O concentraţie de 60%* (în greutate) în suspensii solide (la distribuţia granulometrică indicată în tabelul IV.5.
- *Adaos de floculant la îngroşător* de 300 g alaun/t steril uscat 5 g Separan NP 10/t steril uscat
- *Dimensiunea filtrelor* : 50 t steril uscat/h
- *Raţia de filtrare* : 244 kg steril uscat/h · m²
- *Ciclul timpului* : aproximativ 2,5 min/rot
- *Ciclul filtrului* — intervalul de timp : 1,5—9 min/rot
- *Tipul filtrului* : Eimco Agidisc
- *Dimensiunea filtrului* : 1 — 12′ 6″ × 10 Discuri Agidisc sau 2 — 8′10″ × 10 Discuri Agidisc
- *Materialul filtrului* : 40 × 60 Mesh Oţel inoxidabil sau Alt oţel acceptabil sau polipropilenă
- *Capacitatea pompei de vacuum* : 73,20 m³/h · m² măsurată la 610 mm Hg (vacuum)
- *Umiditatea remanentă* : 24,8% în greutate

Coroeşti. Rezultate şi recomandări. Sedimentare (fig. IV. 25). Curba *I* fără floculant ; suprafaţa necesară pentru îngroşare este foarte mare 6,04 m²/t steril uscat · zi ; viteza de sedimentare este extrem de redusă: 0,055 m/h ; curba *II*, cu adaos de 40 g/t Aerofloc 550 (American Cynamid) s-a obţinut o con-

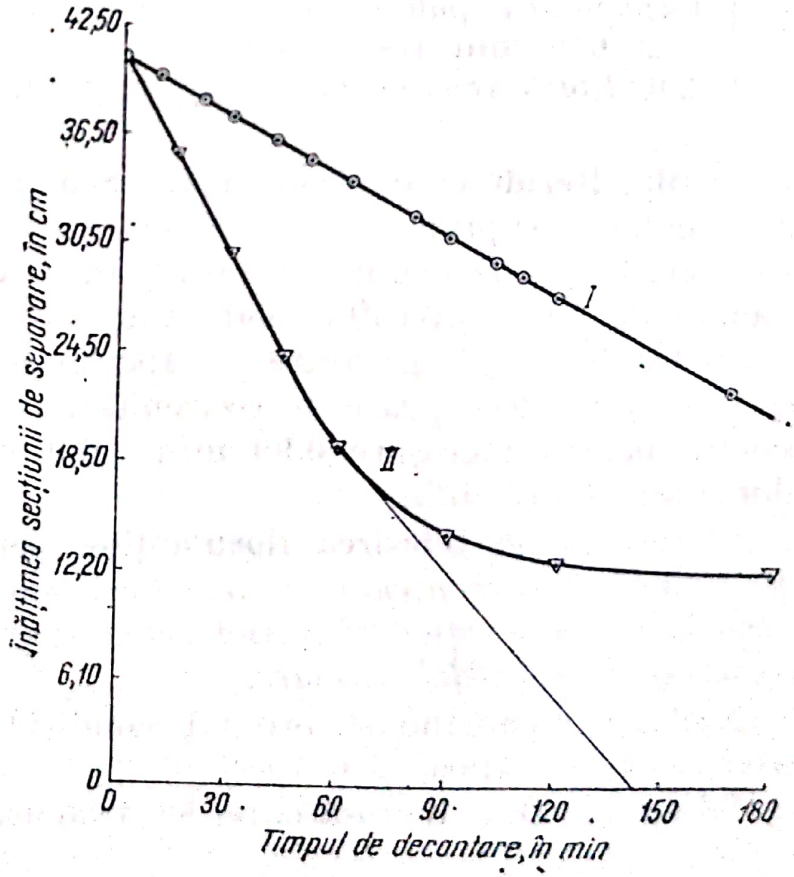


Fig. IV. 25. Spălătoria Coroeşti. Decantarea suspensiilor — 100 g solid/l ; *I* — fără floculant; *II* — cu 40 g aerofloat 550 (American Cyanamid)/t steril uscat.

centrație de 43% în greutate; suprafața necesară pentru îngroșare este 1,83 m²/t solid uscat · zi; viteza de sedimentare 0,226 m/h.

Aceleași recomandări privind condițiile tehnice ale îngroșătoarelor ca la Lupeni, altfel limpezirea și îngroșarea vor fi slabe.

Filtrarea. Din îngroșătoare se evacuează 260 m³/h șlam; 300 g/l suspensii; steril uscat 78 t/h.

Pentru filtrarea șlamului se recomandă:

Concentrație maximă obținută cu floculant: 43% în greutate la granulometria arătată în tabelul IV.5.
Adaos de floculant la îngroșător: 40 g/t steril uscat (Aerofloc 550)
Dimensiunea filtrelor: 78 t steril uscat/h
Rația de filtrare: 64,7 kg/h/m²
Ciclul timpului: 2,7 min/rot
Ciclul filtrului — intervalul de timp: 1,5 la 9 min/rot
Tipul filtrului: Eimco Agidisc
Numărul și diametrul filtrelor: 18—11'6" (diametru) × 7 m față
Capacitatea pompei de vacuum: 27,4 m³/h · m² — măsurat la 610 mm Hg vacuum
Umiditatea remanentă: 26,4% în greutate

Petrila. Rezultate și recomandări. Sedimentare (fig. 3). Curba *I* fără floculant: suprafață necesară pentru îngroșare 1,72 m²/t solid uscat · zi; viteza de sedimentare 0,121 m/h (foarte redusă); curba *II* cu adaos de 50 g/t Aerofloc 550 (American Cyanamid) s-a obținut o îngroșare de 60% în greutate, iar apa limpezită la preaplin 10 ppm după 30 min, deci poate fi recircuitată la spălătorie; suprafața necesară pentru îngroșare 0,99 m²/t solid uscat · zi, iar viteza de sedimentare 0,415 m/h.

Se recomandă folosirea floculanților pentru: 1) *obținerea unei bune limpeziri* (*care permite recircuitarea sau deversarea în emisar*); 2) *sporirea concentrației* (*reducînd astfel suprafața necesară filtrelor*); 3) *reducerea suprafeței necesare.*

Aceleași recomandări privind condițiile tehnice ale îngroșătoarelor, ca la Lupeni și Coroești.

Filtrarea. Din îngroșătoare se evacuează 40 — 50 t/h steril uscat.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru filtrarea șlamului se recomandă :

Concentrația de 60% (în greutate), la granulometria indicată în tabelul IV.5	
Adaos de floculant la îngroșător :	50 g/t steril uscat (Aerofloc)
Dimensiunea filtrelor :	50 t/steril uscat · h
Ciclul timpului :	≈ 3 min/rot
Ciclul filtrului — intervalul de timp :	1,5—9 min/rot
Tipul filtrului :	Eimco Agidisc
Numărul de filtre și dimensiunea :	1 — 12′6″ (diametru) × × 13 discuri sau 2 — 8′10″ × 13 discuri
Materialul filtrului :	40 × 60 mesh oțel inoxidabil sau polipropilenă
Capacitatea pompei de vacuum :	73,20 m³/h · m² măsurat la 610 mm Hg vacuum
Umiditate remanentă :	23,8% în greutate

Acurateța rezultatelor încercărilor făcute cu șlamurile de la spălătoriile din Valea Jiului poate fi alterată de învechirea probelor — timpul scurs de la recoltare și transport, pînă la efectuarea determinărilor la centrul de cercetări din Palatine.

De asemenea, necongruența dintre aceste rezultate și cele din instalațiile

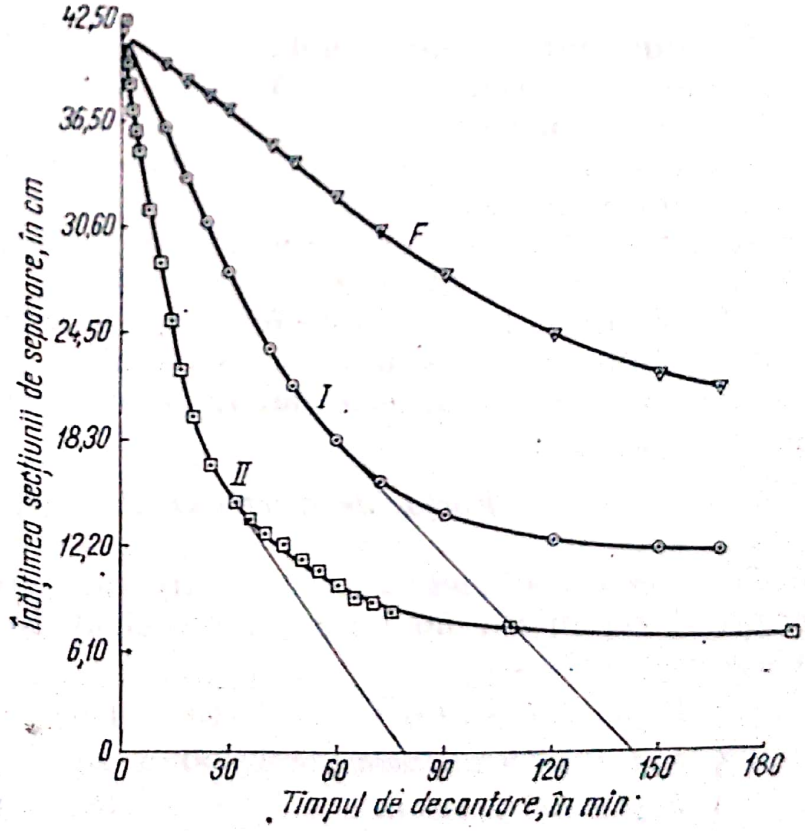


Fig. IV. 26. Spălătoria de cărbune Petrila. Decantarea suspensiilor cu : floculant aerofloat 550 (American Cyanamid) 50 g/t steril uscat ; *I* — 200 g solid/l tulbureală ; *II* — 100 g solid/l tulbureală ; *F* — fără floculant.

din Valea Jiului poate fi atribuită și stării tehnice și modului de funcționare al acestor instalații, precum și unor inadvertențe privind dimensionarea și acționarea îngroșătoarelor — i.e.: dispozitivul de alimentare și repartiție omogenă a tulburelii în îngroșător, ansamblul brațelor racloare și cuplul de acționare, precum și jgheabul de preaplin.

În tabelul IV.6 sînt prezentate rezultatele obținute la preparația Petrila privind deshidratarea nămolului prin filtre-presă tip Progress Engineers.

Tabelul IV. 6. **Rezultatele filtrării nămolului în preparația Petrila [1]**

Timpul de filtrare min	Densitatea nămolului la alimentare kg/dm³	Umiditatea nămolului deshidratat %	Conținutul în cenușă %	Capacitatea de filtrare t/h	Conținutul de suspensii în filtrat mg/l
75	1,60	19,0	68,1	3,38	—
105	1,45	20,9	70,5	2,60	1,4
105	1,48	19,1	68,5	2,55	1,3
105	1,45	22,9	69,3	2,45	5,1
105	1,45	23,8	68,6	2,50	5,8
105	1,42	15,0	71,0	2,90	4,2
180	1,28	24,4	66,5	—	—
80	1,50	18,5	73,5	3,39	—

Sedimentarea centrifugală. Ca punct de plecare este folosită sedimentația gravitațională. Mișcarea unei particule este guvernată de echilibrul forțelor cu atingerea vitezei finale a particulei cînd forța care creează mișcarea este în mod exact egală și opusă forței care se opune mișcării. În cazul sedimentației gravitaționale forța care creează mișcarea este doar forța gravitației egală cu masa particulei înmulțită cu accelerația gravitației (Mg).

Forța opusă mișcării este forța de antrenare (tractare) prin curgerea fluidului peste suprafața particulei. Amploarea acestei forțe depinde de natura curgerii, dar în termeni generali, aceasta se poate exprima astfel:

$$\textit{Forța de tracțiune} = \frac{1}{2}\,\rho V_s^2\, A\, C_t,$$

unde C_t este coeficientul de tractare care are următoarea relație cu criteriul regimului de curgere, numărul Reynolds, evidențiindu-se valorile pentru:

$$\begin{cases} \textit{Legea lui Stokes}: & 10 > \mathrm{Re}; & C_t = 24/\mathrm{Re} \\ \textit{Legea intermediară}: & 1\,000 > \mathrm{Re} > 10; & C_t = 18{,}5/\mathrm{Re}\ 0{,}6 \\ \textit{Legea lui Newton}: & \mathrm{Re} > 1\,000; & C_t = 0{,}5 \end{cases}$$

Scanned with OKEN Scanner

În regimul de curgere după legea lui Stokes — regimul de curgere laminară, forța ce se opune este $3\pi\mu Vd$ fiind direct proporțională cu viscozitatea fluidului și cu viteza particulei. La cealaltă extremă, în regimul de curgere după legea lui Newton — curgere turbulentă, forța care se opune este independentă de viscozitate și este proporțională cu pătratul vitezei particulei. Revenind la analogia gravitațională, putem avea o ecuație a forței de tracțiune și a forței gravitaționale în ai cărei termeni este și viteza V_s:

$$3\pi\mu V_s d = Mg = \frac{1}{6} d^3 (\gamma_s - \gamma_l) g ; \quad V_s = \frac{(\gamma_s - \gamma_l) d^2 g}{12 \mu}$$

În mod similar în domeniul forței centrifugale:

$$V_s = \frac{(\gamma_s - \gamma_l) d^2 \omega^2 r}{18 \mu}$$

unde forța este acum funcție de raza r

Notațiile folosite mai înainte sînt:

A : aria secțiunii particulei, în cm^2
C_t : coeficientul de antrenare (tractare)
d : diametrul particulei, în cm
M : masa particulei, în kgf/cm^3
g : accelerația gravității, în cm/s^2
γ_s : greutatea specifică a particulei solide, în g/cm^3
γ_l : greutatea specifică a lichidului, în g/cm^3
μ : viscozitatea fluidului, în $g \cdot s/cm^2$
r : raza centrifugii, în cm
ω : viteza unghiulară $\omega = \frac{2\pi n}{60} = 0{,}1047\ n$ rad/s
n : numărul de rotații pe minut

Deshidratarea șlamului de cărbune se efectuează în mod eficient cu decantorul centrifugal de mare capacitate, 35 m^3/h, care este foarte versatil, datorită particularităților constructive; astfel se poate obține o separare selectivă — privind granulometria, gradul de umiditate, cît și în ceea ce privește conținutul în suspensii și gradul de limpezire al efluentului-ieșire, în funcție de debitul de alimentare și numărul de rotații pe minut: 800, 1 000 și 1 200 rot/min. Contrar filtrelor, pentru funcționare nu se cere o anumită concentrație în suspensii la intrare.

Alte aplicații și rezultate ale decantorului centrifugal de mare capacitate sînt redate în tabelul IV.7.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru clasificarea argilelor — English Clays U K — 1 010 × × 1 525 mm (8 unităţi).

Pentru clasificarea dioxidului de titan (TiO_2) — Prerovsche Chemice zavody Cehoslovacia — 810 × 1 210 mm (2 unităţi).

Gradul de separare obţinut — particule de 2 μ în efluent-ieşire.

Decantorul centrifugal este folosit şi la ciment : Portland Poty, Recife — Brazilia : 1 010 × 1 525 mm (7 unităţi) ; Wilson Portland Cement Noua Zeelandă 1 010 × 1 525 mm (4 unităţi), deshidratînd un material cu 250 kg suspensii/m³ la intrare, cu un regim de lucru la capacitatea nominală de 35 m³/h.

La noi în ţară, Combinatul chimic Făgăraş a introdus în flux decantorul centrifugal de mare capacitate de 35 m/h — Broadbent 1 010 × 1 525 mm — pentru separarea carbonatului de calciu 10 kg/m³ aflat în suspensie (100 μ), plus azotat de amoniu (2—10 μ) ; la încercări s-a obţinut un efluent complet limpede şi lipsit de suspensii, cu o umiditate a turtei de 30—35%.

Decantorul centrifugal Pioneer a fost utilizat în S.U.A. la deshidratarea Dioxidului de titan, obţinîndu-se turte cu umiditate între 30 şi 50% în funcţie de granulozitatea particulelor.

Decantorul centrifugal de mare capacitate — Broadbent — constă în esenţă din două elemente care se rotesc în interiorul unei carcase. Elementul extern este o tobă cu perete plin — echilibrată dinamic — avînd un profil care permite evacuarea particulelor solide la o rază mai mică decît a lichidului ; elementul intern este un transportor helicoidal cu butuc tubular, avînd paletele teşite (fără joc) ca să răzuiască conturul tobei (fig. IV.27 şi IV.28).

Centrifuga este prevăzută cu conductă de alimentare (fig.IV.27, *a*) prin interiorul căreia trece conducta de injecţie (purjare ; fig. IV.27, *b*). Tulbureala, introdusă cu pompa sau prin gravitaţie în butucul transportorului, este accelerată de viteza maşinii şi dirijată centrifugal prin orificiile butucului în bazinul de lichid reţinut în tobă. O uşoară şi constantă diferenţă de viteză dintre tobă şi transportorul helicoidal imprimă o mişcare continuă (spre capătul tobei ; fig. IV.27, *c*) particulelor solide care s-au compactat pe peretele tobei sub acţiunea forţei centrifugale.

Lichidul limpede este evacuat continuu prin orificiile de preaplin din celălalt capăt al tobei. Nivelul este reglat cu deversoare ajustabile şi este astfel menţinut încît toba să nu fie plină. Aceasta permite drenarea lichidului şi oferă o arie de spălare (purjare). Cînd purjarea este necesară, se introduce lichid prin ajustajul ataşat la butucul transportorului. Lichidul de purjare este evacuat cu efluentul.

Diferenţa de viteză între tobă şi transportor este obţinută printr-un reductor epiciclic cu raportul 130 :1.

Scanned with OKEN Scanner

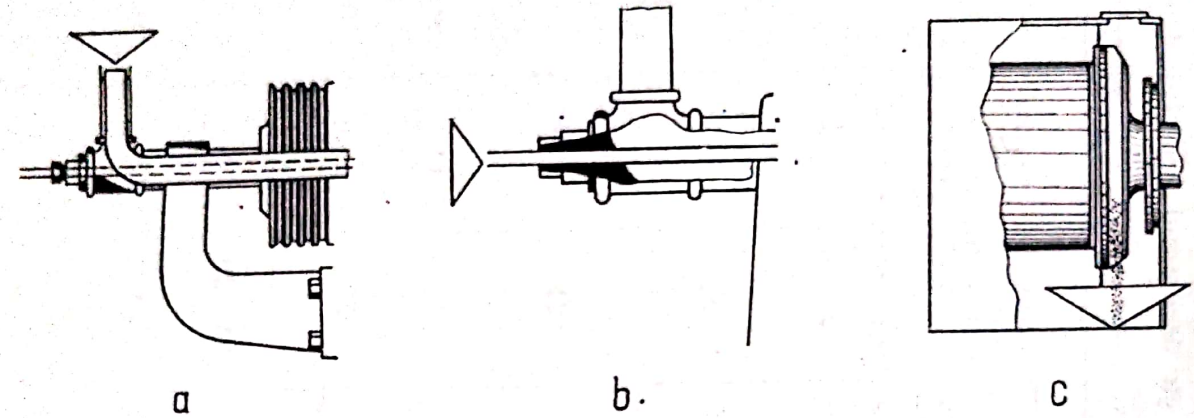
Tabelul IV.7. **Rezultatele obţinute la deshidratarea şlamului cu cărbune cu decantorul centrifugal de mare capacitate Broadben — 1010 × 1 525 mm**

Beneficiarul	Debitul de şlam disponibil t/h	Suspensii solide la intrare			Umiditatea cărbunelui centrifugat %	Suspensii solide la ieşire în efluent %	Regimul de lucru
		Total %	Sita				
			30 Mesh. ⩾ 0,5 mm	270 Mesh. ⩽ 0,053 mm			
Bickershaw Colliery Leigh, Lancashire, U.K.	11 de la flotaţie	25	21,5	19	26—28	3—5	1 000 rot/min
Frickley Colliery, South Helmsall, Yorkshire, U.K.	10 de la spălătorie	17—20	15	7	25	10,5[1)]	800 rot/min [1)] Extrem de fin şi mare conţinut în cenuşă
Wooley Colliery, Danton Yorkshire, U.K.	6 [2)] de la spălătorie	25	20	8	21	13 [2)]	800 rot/min [2)] Nu a lucrat cu întreaga capacitate. Lipsă şlam
Parkside Colliery, Leigh, Lancashire, U.K.	10 de la flotaţie	25	20	10	25	11	800 rot/min
Sutton Manor Colliery St. Helene Lancashire, U.K.	8 de la spălătorie	15	12	15	26	11,5	800 rot/min
Grimethorpe Colliery Shafton, Yorkshire	— de la spălătorie	30	18	10	18—20	9	800 rot/min
South Kirkby Colliery Nr. Phtefract, Yorkshire, U.K.	— de la spălătorie	32	13	17	28	13	800 rot/min

Scanned with OKEN Scanner

Cu ajutorul diferitelor șaibe se obțin pînă la 2 400 rot/min. Paletele transportorului, orificiile de alimentare, carcasa și răzuitoarele de la evacuare sînt protejate contra abraziunii cu materiale dure.

Decantorul centrifugal 1 010 × 1 525 mm este acționat de un motor electric de 100 CP și în raport de diametrul șaibei se obțin 800, 1 000 și 1 200 rot/min ; pentru transmisie sînt folosite curelele V.



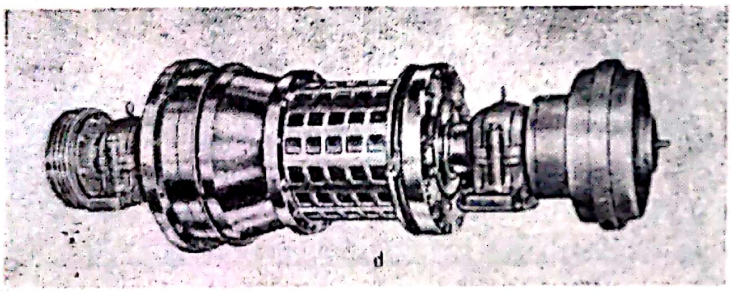


Fig. IV. 27. Decantorul centrifugal continuu Broadbent :
a – alimentare; *b* – purjare; *c* – evacuare; *d* – cu tobă filtrantă.

O nouă variantă a decantorului Broadbent este decantorul continuu de mare capacitate cu *tobă filtrantă* (v. fig. IV.27, *d* și IV.28, *b*).

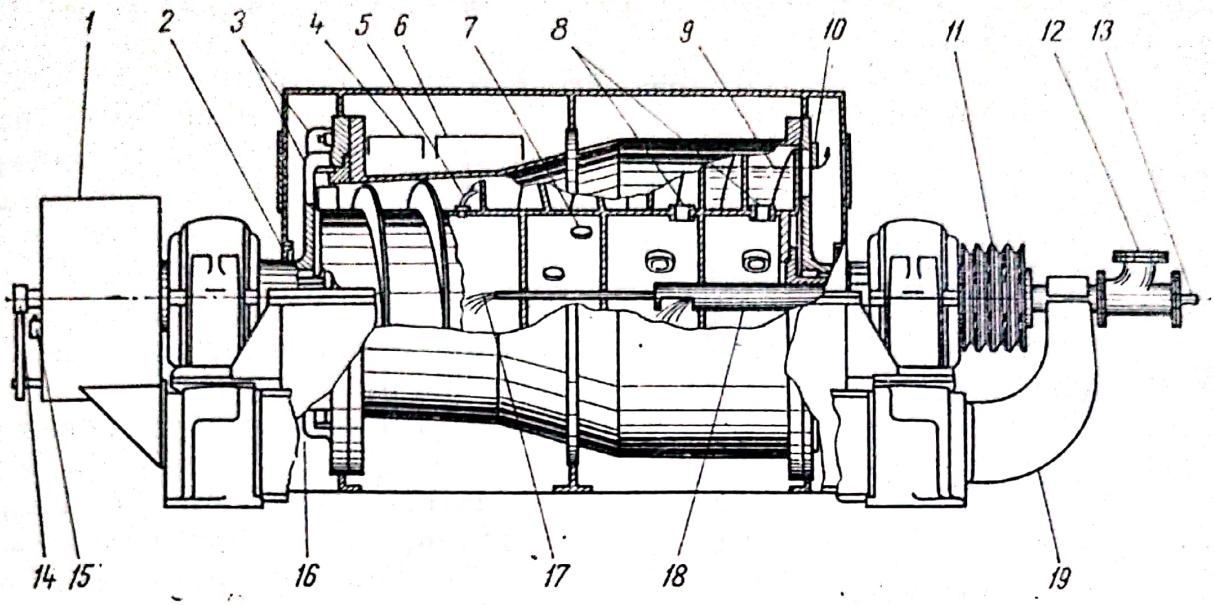
Acest decantor poate deshidrata suspensii solide cu diluții variabile, fără ca funcționarea să fie influențată de variația raportului S/L. În plus, are o excelentă eficiență de spălare și o minuțioasă îndepărtare a umidității prin sită.

Preîngroșarea are loc în tronsonul tobei cu perete plin, fără să necesite un echipament special, iar performanța nu este afectată de variațiile concentrației în suspensii — la alimentare.

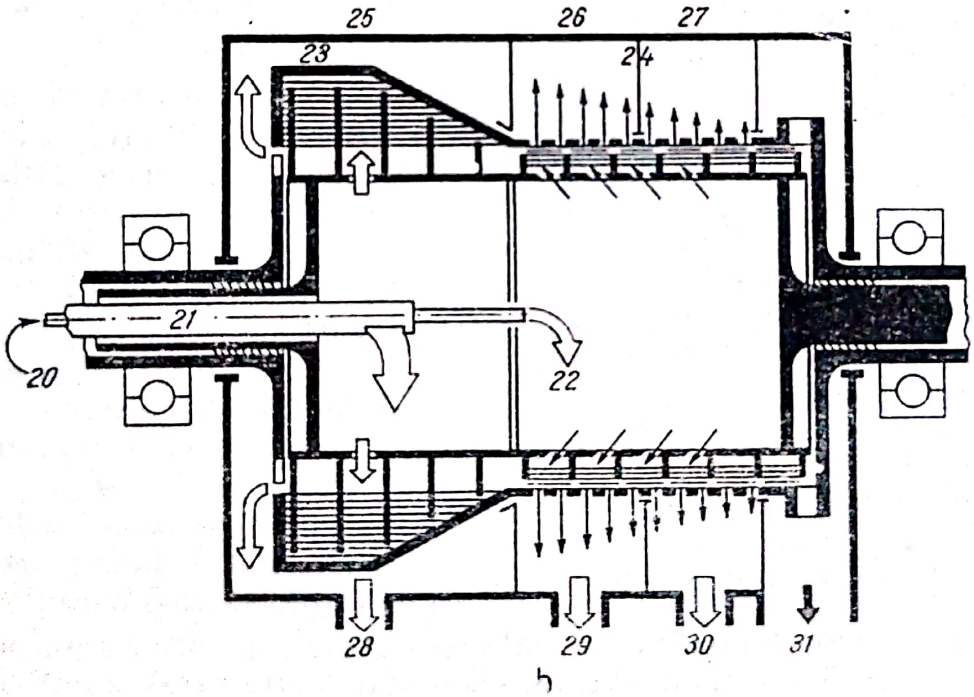
Tronsonul filtrant al tobei este prevăzut cu duze pentru curățirea periodică a sitei. Dacă sita se colmatează temporar, decantorul funcționează ca cel cu tobă cu perete plin, evacuînd însă un „cake" cu o umiditate ceva mai mare.

Astfel, separarea în două trepte — cu acest decantor — asigură o umiditate extrem de scăzută în „cake"-ul evacuat.

Hidrocicloanul Vîrtej pentru spălarea cărbunelui în medii dense. Este o invenție japoneză recentă — Takeshi Horiuchi — laboratorul de cercetări Tagawa Machinery Works — Compania de



a



b

Fig. IV. 28. Secţiuni prin decantorul centrifugal Broadbent :

a — secţiune (tobă cu perete plin) ; *b* — secţiune (tobă filtrantă cu sită) ; *1* — reductor ; *2* — buloane pentru fixarea carcasei ; *3* — orificii de evacuarea sedimentului şi răzuitorul ; *4* — aria filtrantă ; *5* — duză de spălare ; *6* — aria de spălare ; *7* — compartimentul de barbotare ; *8* — orificii de alimentare ; *9* — nivelul fluidului ; *10* — prag deversor ajustabil ; *11* — şaibe de acţionare ; *12* — alimentare ; *13* — intrarea apei de spălare ; *14* — dispozitivul de forfecare la suprasarcină ; *15* — întrerupătorul de cuplu la suprasarcină ; *16* — evacuarea sedimentului ; *17* — apă de spălare ; *18* — conductă de alimentare ; *19* — consola conductei de alimentare ; *20* — spălare ; *21* — alimentare ; *22* — apă de spălare ; *23* — tobă cu perete plin ; *24* — tobă filtrantă — cu sită ; *25* — tronson de preîngroşare ; *26* — tronson de spălare ; *27* — tronson de filtrare ; *28* — lichid limpezit ; *29* — apă de la spălare ; *30* — evacuare finală ; *31* — evacuarea sterilului solid.

Scanned with OKEN Scanner

construcţii navale Osaka — Japonia (unde funcţionează — World Coal, May 1975 [168].

Ciclonul vîrtej se bazează pe o concepţie diametral opusă celei a ciclonului convenţional, astfel, partea conică este sus, iar cea cilindrică jos ; şlamul este evacuat pe sus, iar materialul flotat, pe jos, aşa cum este ilustrat în fig. IV.29.

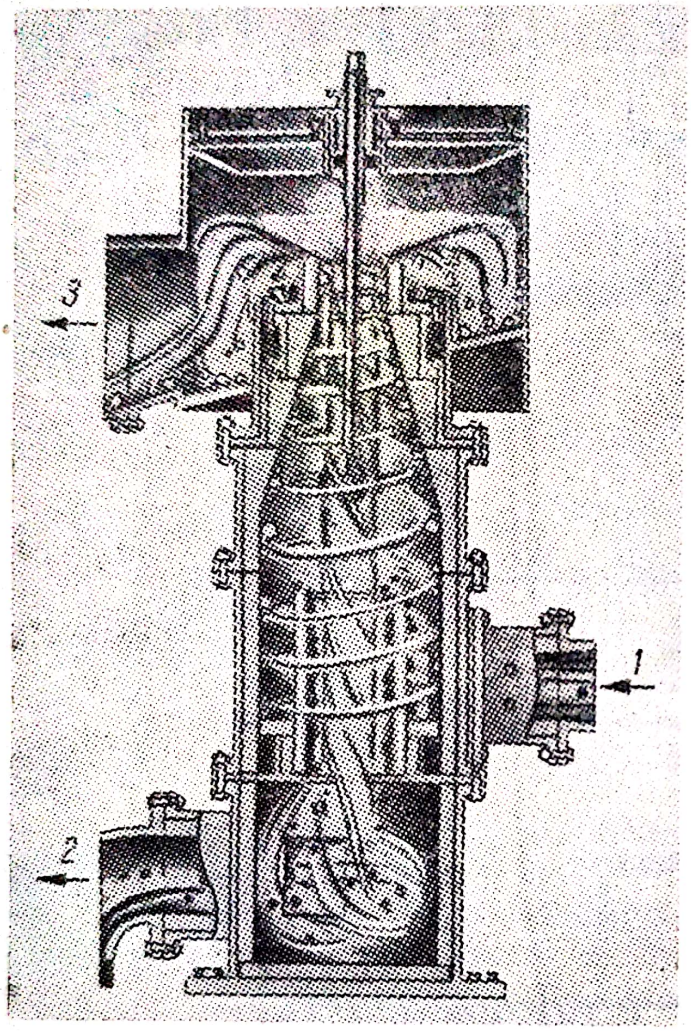


Fig. IV.29. Hidrociclonul vîrtej; evacuează şlamul pe sus, iar materialul se flotează jos: *1* – alimentare; *2* – flotare; *3* – evacuare.

Alimentarea cu pulpă se face la o presiune statică de 6 000 mm.

Ciclonul vîrtej se execută în secţiuni înlocuibile, din material rezistent la abraziune, cu dimensiuni de 100—750 mm diametru, cel din urmă putînd trata pînă la 100 t/h pulpă de cărbune du particule pînă la 75 mm în diametru.

Ciclonul vîrtej foloseşte o magnetită mai grosieră decît este de regulă uzitat la cicloanele pentru medii dense, o magnetită mai ieftină şi cu pierderi mai mici (în magnetită) în timpul operaţiei.

Rezultate : numeroasele încercări făcute cu cărbune din diferite surse, inclusiv S.U.A. şi Japonia — *cărbuni cu caracteristici dificile de spălare* — au indicat rezultate comparabile şi în multe cazuri superioare cicloanelor convenţionale : greutatea specifică a pulpei 1,29 ; greutatea specifică a mediului de separare 1,50 ; randament 98,27 %.

În afară de cărbune, pot fi de asemenea separate şi alte minerale prin diferenţa dintre greutăţile lor specifice.

Deşi, în general, se foloseşte ca mediu magnetita în suspensie cu apă, totuşi, se poate folosi ferosiliciul, sau şi alte medii cu densitate ridicată.

Ciclonul vîrtej a fost adaptat ca ciclon numai pentru apă, sau ca îngroşător, ori clasificator.

Scanned with OKEN Scanner

capitolul

V

ÎNCERCĂRI ŞI REZULTATE OBŢINUTE ÎN STAŢIA EXPERIMENTALĂ

A. AMPLASAMENTUL ŞI ALCĂTUIREA STAŢIEI EXPERIMENTALE

Pentru a se verifica eficienţa procedeului depunerii subacvatice dirijate, s-a hotărît să se efectueze încercări într-o staţie experimentală.

S-a apreciat ca cel mai indicat loc, pentru staţia experimentală, porţiunea din albia Crişului Alb situată în faţa Uzinei de ştampare, atît din punct de vedere al amplasamentului (spre a nu provoca interferenţe cu funcţionarea instalaţiilor existente în curtea uzinei), cît şi în ceea ce priveşte fluxul tehnologic, deoarece jgheabul care aduce tulbureala de la roata elevatoare, deversează chiar în albia Crişului.

De asemenea, era avantajos că întreaga cantitate de apă se putea scurge de-a dreptul în Criş, fără a necesita pomparea sau evacuarea ulterioară a sterilului acumulat în timpul încercărilor.

Terenul a fost în prealabil ridicat topometric şi s-a efectuat amenajarea.

S-a procedat apoi la separarea terenului în compartimente (planşa V.1 şi fig. V.1).

Compartimentul *1* cu laturile de 20,00 × 11,00 m, împrejmuit cu perete de scîndură de 1,00 m înălţime fixat pe stîlpi de lemn plasaţi la distanţa de 1,00—2,00 m, a fost construit în scopul de a studia variaţia laterală a sedimentării subacvatice din punct de vedere granulometric şi geotehnic.

Compartimentul *2* cu un front de deversare de 11,00 m a fost lăsat deschis spre a se face încercări de aluvionare a plajei deschise pentru studierea variaţiei sedimentării în funcţie de lungimea plajei.

Scanned with OKEN Scanner

Compartimentul *3* de lîngă şosea a fost dimensionat la 90 × 11 m, astfel încît să se poată realiza decantarea completă a apei, adică la ieşirea din compartiment să se obţină apă limpede.

Fig. V.1. Staţie experimentală. Compartimentele de sedimentare şi conducta deversoare.

Pentru refularea apei reziduale s-a folosit o pompă de nisip Wilfley, cu debit $q = 500$ l/min, înălţime de refulare $H = 20$ m H_2O, turaţie $n = 1\,450$ rot/min, cuplată cu un motor asincron trifazat de 19 CP. În figura V.2 se indică schema de montaj a instalaţiei de refulare a tulburelii: motorul electric, pompa, bazinul de aspiraţie şi jgheabul de aducţiune a tulburelii de la roata elevatoare.

Conducta de refulare are diametrul de 3″, ceea ce asigură o viteză de 1,70 m/s pentru $q = 500$ l/min. Conducta are o lungime de circa 80 m şi este prevăzută cu o ramificaţie de 3″ la jumătatea compartimentului *1*, prin care deversează tulbureala în acest compartiment.

În dreptul plajei s-a prevăzut o ramificaţie în formă de T, cu două braţe deversoare de cîte 5,00 m lungime, primul din ţeavă de $2^1/_2$″ cu orificii de 30 mm diametru, la 0,50 m unul de altul, iar al doilea din ţeavă de $1^1/_2$″ cu orificii de 18 mm diametru, cu aceeaşi echidistanţă.

Orificiile ambelor braţe au fost practicate spiral (faţă de axa ţevii) astfel ca primul orificiu de lîngă ramificaţie să fie aşezat la 45°, iar cel de la extremitate la 25°.

Acest mod de dimensionare şi de plasare a orificiilor deversoare are ca scop investigarea sedimentării în funcţie de debitul ce trece prin orificii.

Scanned with OKEN Scanner

Sub cele două braţe deversoare a fost plasat un panou de deversare din scîndură (v. planşa V.1).

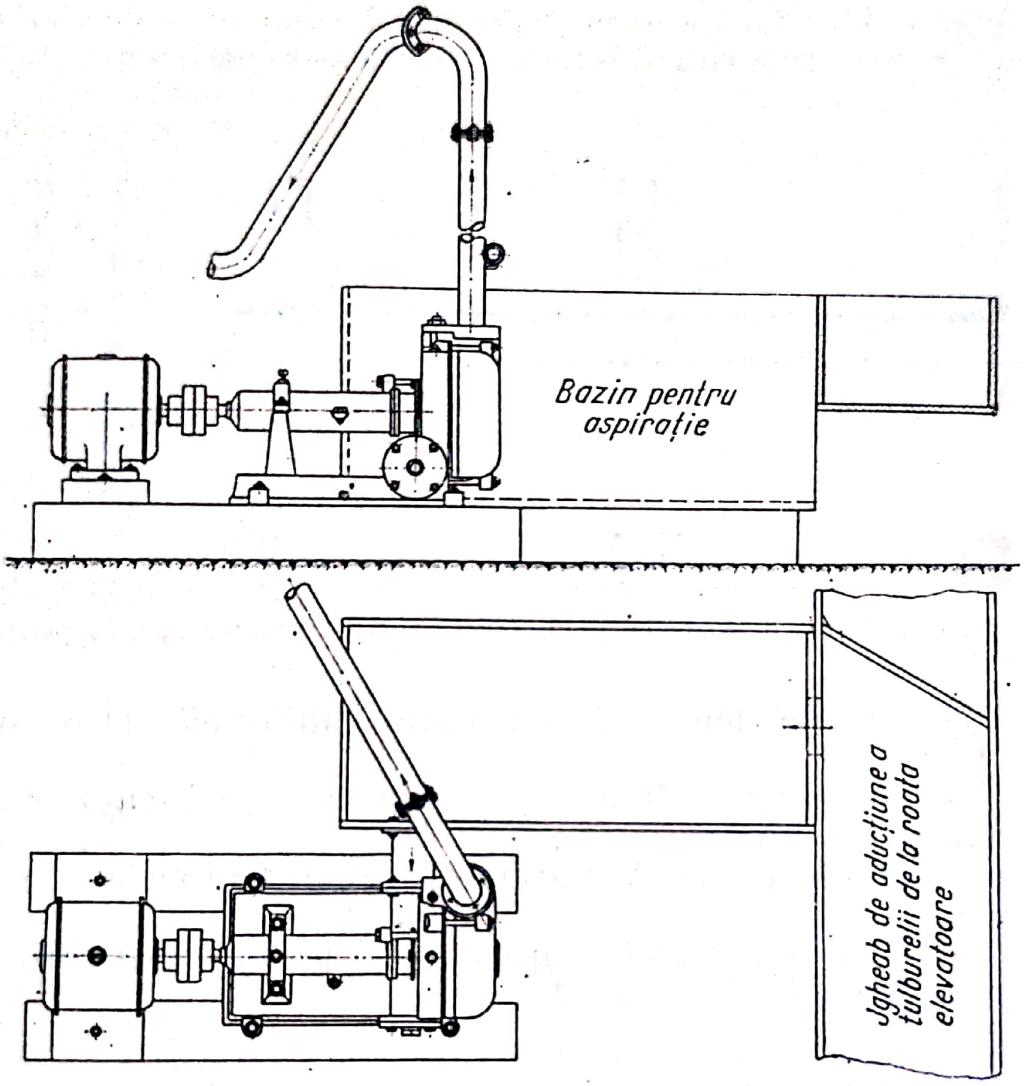


Fig. V. 2. Instalaţia de refluare a apei reziduale.

În compartimentul *3*, conducta de refulare se termină cu două braţe prevăzute la extremităţi cu orificii de $1^1/_2''$ şi de $2^1/_2''$ (v. planşa V.1).

Conducta de 3'' aşezată pe capre şi piloţi pentru traversarea Crişului este prevăzută într-o anumită porţiune cu pantă pentru a putea fi golită, iar pe porţiunea din faţa compartimentelor este orizontală spre a se putea observa în ce măsură se obturează conducta, prin depunere de sediment, în cazul opririi pompei.

Scanned with OKEN Scanner

Pompa şi conducta au fost destinate primei faze de încercări, spre a se dobîndi experienţă în ceea ce priveşte posibilităţile de pompare a tulburelii şi cu privire la uzura utilajului.

Pentru a doua fază a încercărilor, s-a instalat un jgheab de lemn prevăzut cu ferestre (orificii) laterale, spre a se experimenta transpor-

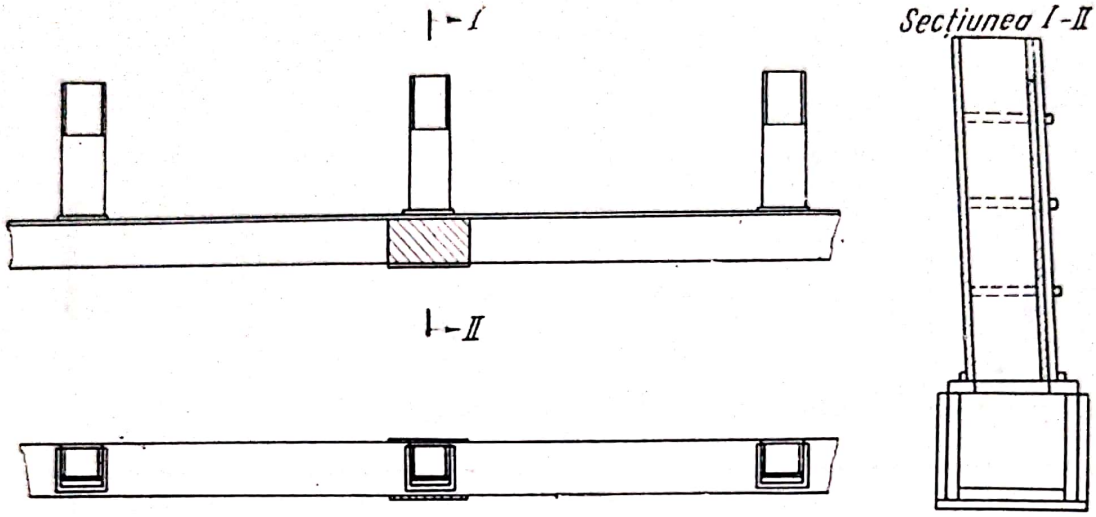


Fig. V. 3. Colector de lemn cu preaplinuri pentru scurgerea apei limpezite.

tul pe jgheab de lemn şi repartiţia uniformă prin orificii (planşa V. 2).

Reglarea deversării tulburelii prin ferestre se realizează cu ajutorul paletelor obturatoare.

Detaliul *J* din planşa V.2 arată jgheabul, ferestrele şi paletele obturatoare.

Pentru deversarea apei limpezite s-a prevăzut un dispozitiv de scurgere prin preaplin (fig. V.3).

B. ÎNCERCĂRILE EFECTUATE ÎN STAŢIA EXPERIMENTALĂ

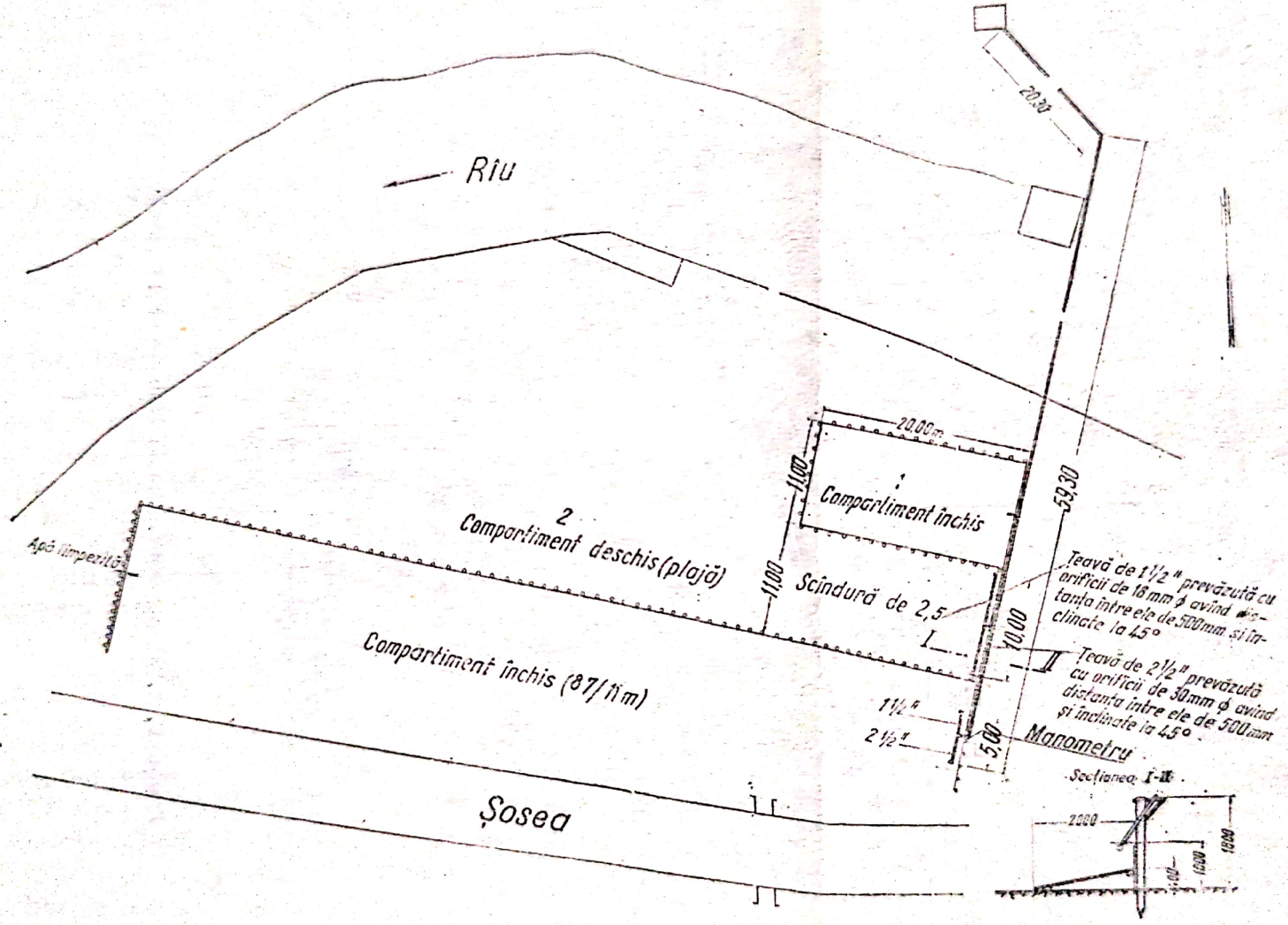
Instalaţia a intrat în funcţiune la începutul lunii august 1951, funcţionînd continuu (24 h/zi), pînă la începutul lunii octombrie cu mici întreruperi necesare punerii în funcţiune a diferitelor compartimente.

În luna octombrie şi la începutul lunii noiembrie instalaţia a funcţionat folosind ca mijloc de transport pentru tulbureală jgheabul de lemn.

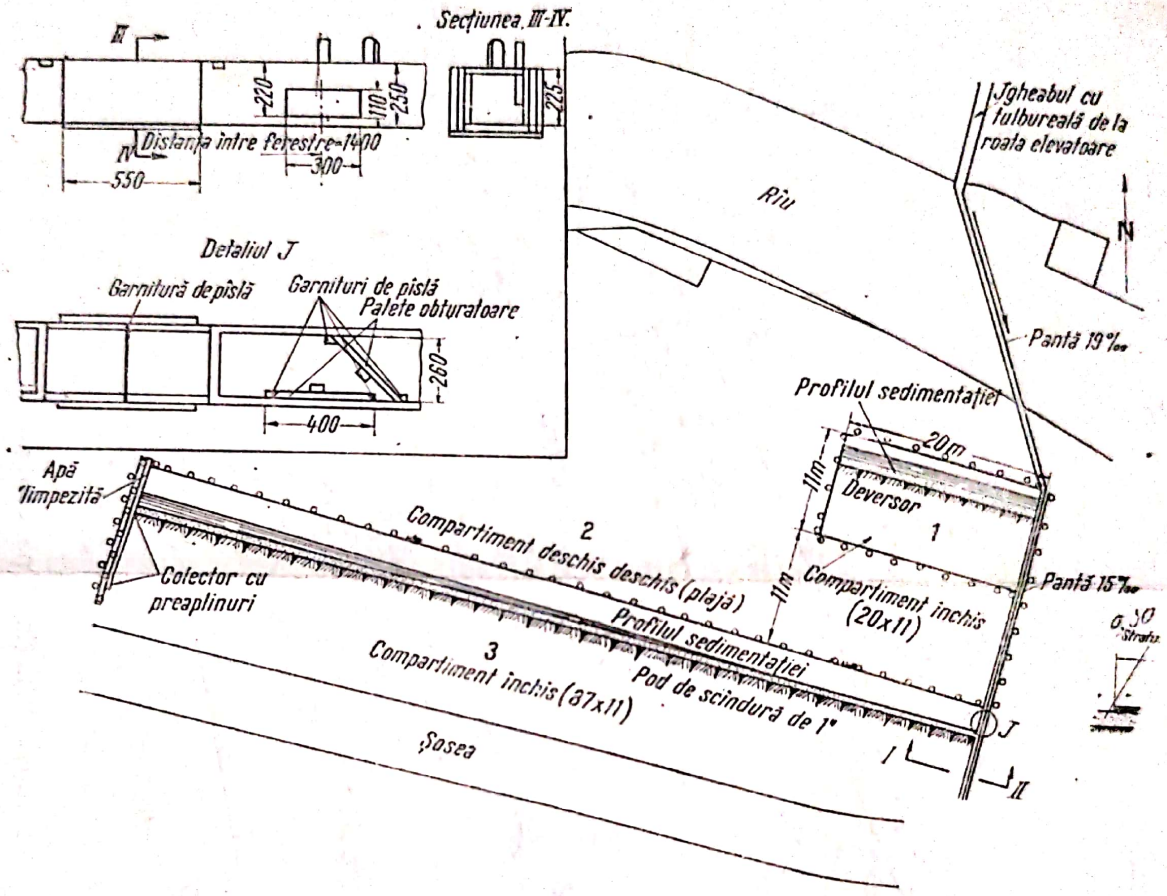
Fiind vorba de încercări experimentale în această prezentare nu vor fi incluse decît rezultatele obţinute pe cale experimentală.

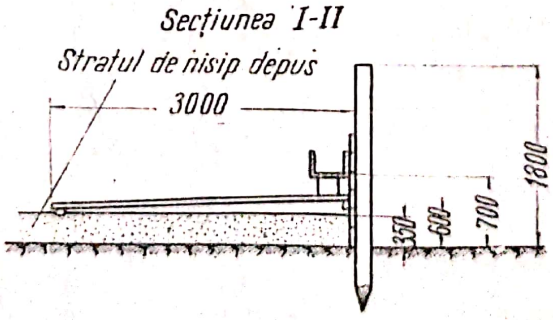
Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner



Planşa V. 1. Staţie experimentală. Aducţiune pe conductă.





Scara 1:50

Planșa V. 2. Stație experimentală. Aducțiune pe jgheab.

Scanned with OKEN Scanner

Pompa de nisip Wilfley a funcţionat cu o bună eficienţă, măsurătorile directe de debit (cu butoiul) arătînd un debit constant de circa 500 l/min.

La oprirea pompei, porţiunea de conductă prevăzută cu o pantă de 4‰ s-a scurs fără depunere de sediment, iar pe porţiunea de conductă orizontală sedimentul depus în timpul opririi a fost antrenat în cîteva minute de curentul din conductă la reintrarea pompei în funcţiune, această operaţie fiind înlesnită prin ciocănirea conductei.

Cînd s-a injectat apă în conductă, s-a constatat curăţirea efectivă a conductei în cîteva minute de la începerea pompării apei.

1. Determinarea pierderilor de presiune

S-au făcut determinări directe ale înălţimilor piezometrice la ieşirea din pompă şi la capătul conductei de refulare cu diametrul de 3″.

Pierderile de presiune pe conductă (80 m lungime cu traseu aproximativ rectiliniu) au fost de 4,20 m H_2O în cazul tulburelii şi de 4,00 m H_2O în cazul apei curate pentru un debit de 500 l/min şi o viteză de 1,70 m/s.

S-a constatat deci o diferenţă de 5% între înălţimile piezometrice pentru apă curată şi pentru tulbureală care avea un conţinut de nisip de 5%.

Pentru o conductă lungă de 100 m, cu diametrul de 3″, pierderea de presiune în cazul tulburelii este:

$$4{,}20 + \frac{25 \times 4{,}20}{100} = 5{,}25 \text{ m } H_2O$$ [1] (fig. V.4).

Reproducem din manualul de hidromecanizare P.P. Diacov, rezultatele experimentale obţinute de Howarde la transportul unui noroi nisipos prin conducte cu diametrul cuprins între 75 şi 150 mm la diferite viteze (V...I).

Din examinarea valorilor cuprinse în tabelul V.1 se constată că rezultatele obţinute în staţia experimentală sînt în concordanţă cu celelalte valori, ţinînd cont de diferenţa de viteză şi de conţinutul în nisip.

---

[1] Potrivit determinării grafice (fig. V.4), această pierdere de presiune este corespunzătoare unui fluid cu viscozitatea de 1,3°E, pompat printr-o conductă cu lungimea de 100 m, cu diametrul de 3″, cu viteza de 1,70 m/s, adică unui debit de 0,50 m^3/min, sau de 30 m^3/h. Se va vedea în „Determinări de laborator“ că tulbureala avea o viscozitate de 1,3° E.

Scanned with OKEN Scanner

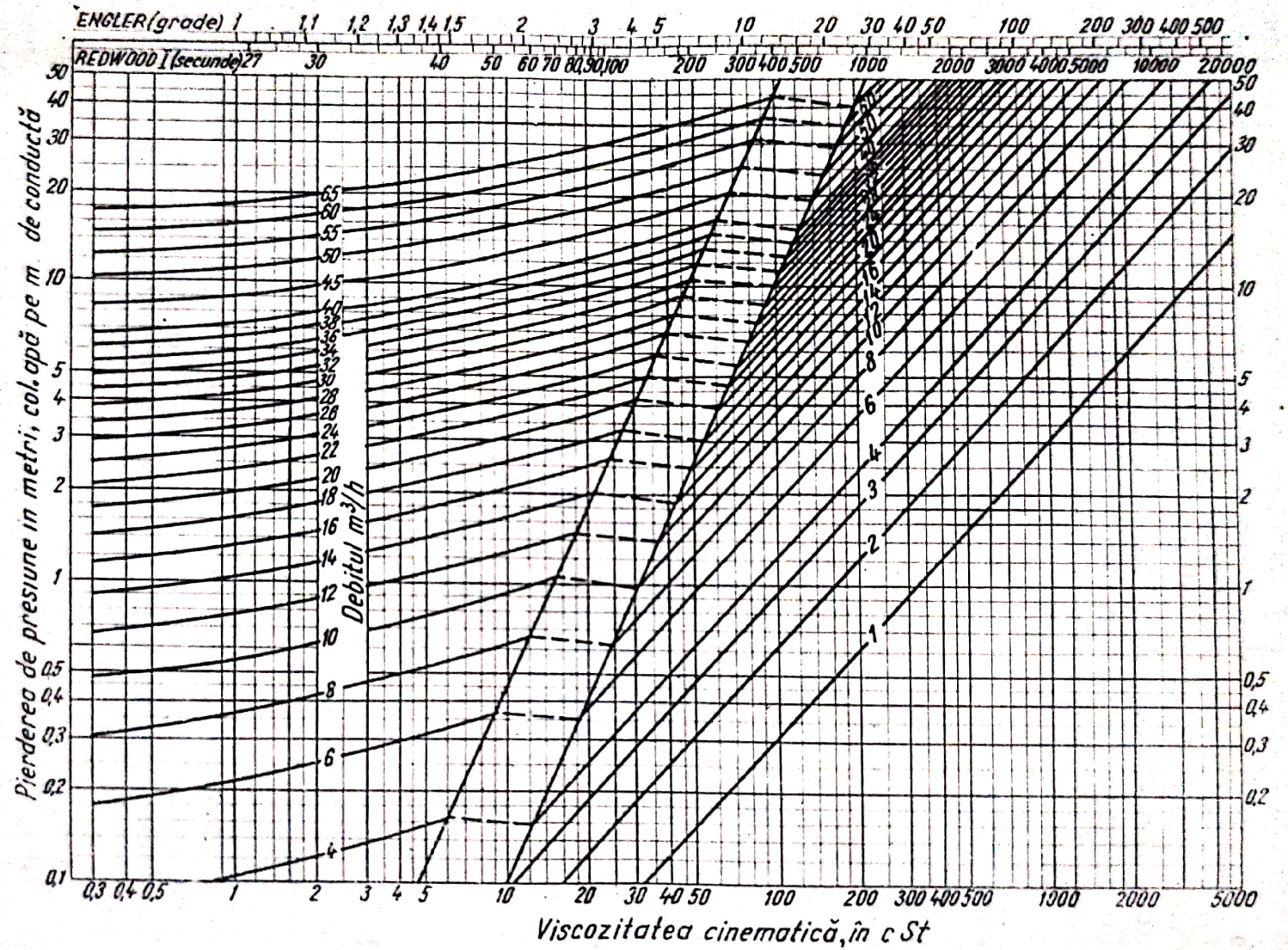


Fig. V. 4. Pierderile de presiune în conducta cu diametrul de 3″, în funcţie de viscozitate şi debit (după Bataavsche Petroleum Machapij).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.1. **Pierderile de presiune prin frecare în conductele de noroi**

Viteza, m/s	1,70	2,50	3,05	3,66	Conținutul de nisip, %	Observație
Rezistența obținută experimental, în m H_2O, pe 100 m de conductă	—	10,50	13,00	16,30	25	Howards
	—	8,00	11,20	14,40	15	Howards
	5,25	—	—	—	5	Autorul

2. Uzura utilajului de pompare

După 1 250 h de funcționare în care timp s-au pompat 37 500 m³ tulbureală cu circa 1 900 m³ suspensii minerale, s-a demontat pompa Wilfley. Carcasa nu prezenta practic nici o uzură. Rotorul prezenta o uzură moderată (circa 15%); la montaj, rotorul a fost în stare nouă, din oțel fără mangan [1)].

Conducta nu a prezentat practic nici o uzură datorită abraziunii sedimentului.

Pentru a se cunoaște rezistența la abraziune a conductei de azbociment în comparație cu conducta de oțel, s-au pus cap la cap două tuburi, unul din oțel și altul din azbociment (∅ 8″) și s-au pus în derivație cu roata elevatoare, făcînd să circule prin ele tulbureală cu 1/3 secțiune plină și 4% pantă.

După 30 zile s-a constatat că în timp ce conducta de oțel era doar lustruită, conducta de azbociment prezenta la capătul din aval o uzură adîncă de 4 mm; această probă a arătat că nu se pot utiliza conductele de azbociment pentru transportul fluidelor cu suspensii abrazive.

---

1) La lucrările de hidromecanizare de la noi s-au utilizat pentru pomparea noroiului (în lipsă de pompe de noroi) pompe construite pentru apă curată.

Astfel, pompa Sigma construită pentru apă curată, avînd $Q = 1\,440$ m³/h, $n = 960$ rot/min și $H = 12$ m H_2O, a funcționat cu noroi la $Q = 900$ m³/h, $n = 700$ rot/min și $H = 5$ m H_2O, fiind acționată cu un electromotor de 80 kW.

Deși a refulat peste 100 000 m³ pămînt, rezultat de la hidromonitoare, diluat în 600 000 m³ apă, după circa 800 h de funcționare, pompa a prezentat doar o ușoară uzură a conusului de bronz, care fixează rotorul, precum și o uzură în formă de dinți de ferăstrău la periferia rotorului.

Scanned with OKEN Scanner

3. Determinări de laborator privind sterilul de la Gura Barza

S-a făcut analiza de sită (tabelul V.2) şi analiza chimică elementară (tabelul V.3). De asemenea, s-a efectuat proba de decantare

Tabelul V.2. **Analiza de sită a sterilului de la Gura Barza**

Sita ochiuri/tol	Mărimea granulelor mm	Sterilul de la Gura Barza %
+ 30	+0,500	—
30— 60	0,50—0,250	3,10
60—100	0,25—0,150	5,50
100—150	0,15—0,100	7,00
150—200	0,10—0,075	7,00
—200	0,075	77,40
Raportul solid/lichid = 1/21,40	Total	100,0

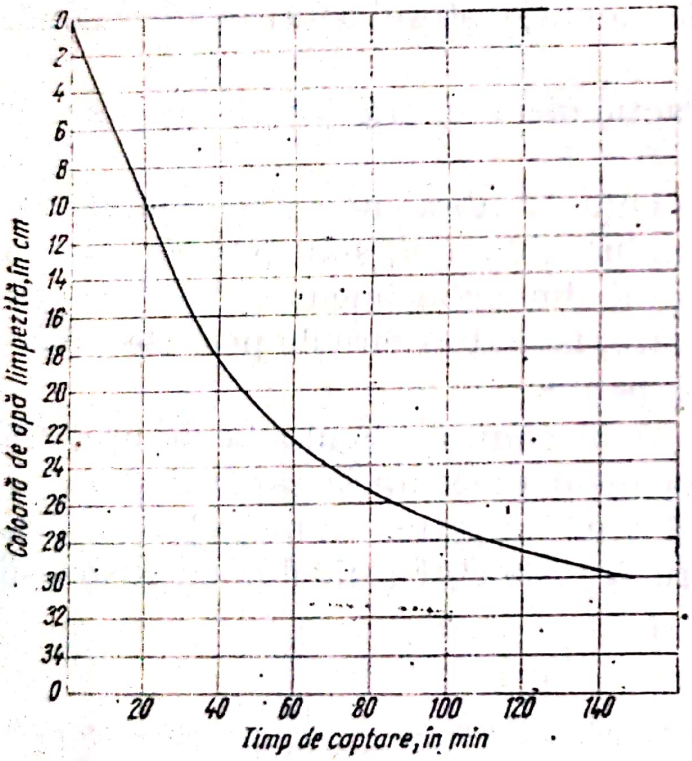


Fig. V.5. Graficul curbei de sedimentare în cilindrul gradat.

Tabelul V.3. **Analiza chimică elementară a sterilului de la roata elevatoare a uzinei Gura Barza, în % din greutate**

Valorile elementelor chimice			
Pb	= 0,17	As	= 0,13
Cu	= 0,34	CaO	= 1,87
Zn	= 0,35	MgO	= 0,29
S	= 4,65	Sb	= 0,20
Fe	= 4,32	Cd	= lipsă
Al_2O_3	= 9,59	Mn	= 0,56
SiO_2	+ insolubil = 75,78		

în cilindrul gradat cu înălţimea de 35 cm şi cu diametrul de 5 cm (fig. V.5).

În legătură cu caracteristicile tulburelii de la Gura Barza se menţionează rezultatele determinărilor făcute în laboratorul central de cercetări ştiinţifice pentru petrol—Cîmpina :

Viscozitatea tulburelii cu densitatea 1,012 (la temperatura de 25°C), determinată cu viscozimetrul Stormer, a fost de 4,1 CP deci 1,3°E sau 40 SU s. Aceasta a fost valoarea maximă.

Scanned with OKEN Scanner

Tot în sus-numitul laborator s-au făcut probele de colmatare cu aceeași tulbureală, determinîndu-se filtrarea prin filtrul Baroid la 7 at.

Întîia filtrare: $F = 350$ cm³, în 15 min; grosimea turtei $T = 1{,}7$ mm

A doua filtrare: (peste prima turtă) $F = 275$ cm³, în 30 min; grosimea turtei $T = 5$ mm

A treia filtrare: (peste turta veche) $F = 160$ cm³, în 30 min; grosimea turtei $T = 8$ mm

Punînd pe hîrtie semilogaritmică valorile de filtrare de mai înainte în raport cu timpul, rezultă o dreaptă care indică încetarea

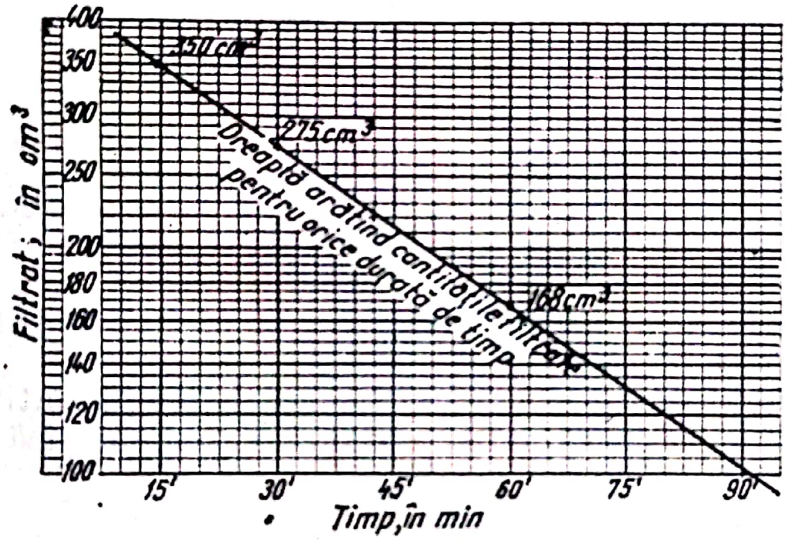


Fig. V. 6. Graficul probei de colmatare.

filtrării după circa 1½ h, ceea ce învederează existența substanțelor coloidale care colmatează sedimentul de nisip prin care este filtrată tulbureala (fig. V.6).

Concentrația ionilor $p\mathrm{H} = 6{,}2$.

4. Încercări de sedimentare subacvatică dirijată

Primele încercări de sedimentație subacvatică s-au făcut în compartimentul *1* (11 × 20 m), folosind în prima perioadă pompa Wilfley cu un debit de 500 l/min, cu o saltea de apă de 0,20 m grosime. Rezultatele sînt redate grafic în fig. V.7. În compartiment s-a depus nisip, iar suspensiile fine au deversat în aval.

În a doua perioadă s-a folosit jgheabul cu pantă de 17 ‰ pentru transportul tulburelii cu un debit de 1 200 l/min, cu o saltea de apă de 0,20—0,30 m grosime. Rezultatele sînt indicate grafic în fig. V.8. Determinările făcute în laboratorul geotehnic I.P.C.S. au indicat

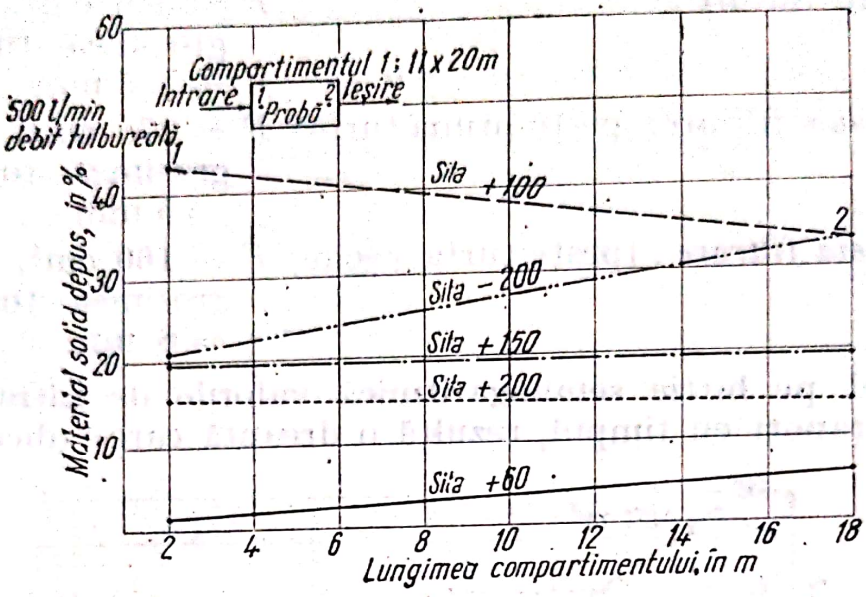


Fig. V.7. Graficul încercărilor de sedimentare în compartimentul *1*, cu debit de 500 l/min :

1, 2 — probe de sediment luate de la distanțele de 2,00 și 18,00 m. Salteaua de apă are 0,20 m grosime. În compartiment s-a depus nisip, iar suspensiile fine au deversat peste avalul compartimentului.

unghiurile de frecare : pentru proba *1*, $\varphi = 31°30'$, iar pentru proba *3*, $\varphi = 27°30'$.

Diagramele din fig. V.7 și V.8 arată (comparativ cu debitul de 500, respectiv 1 200 l/min), variația granulometrică în raport cu

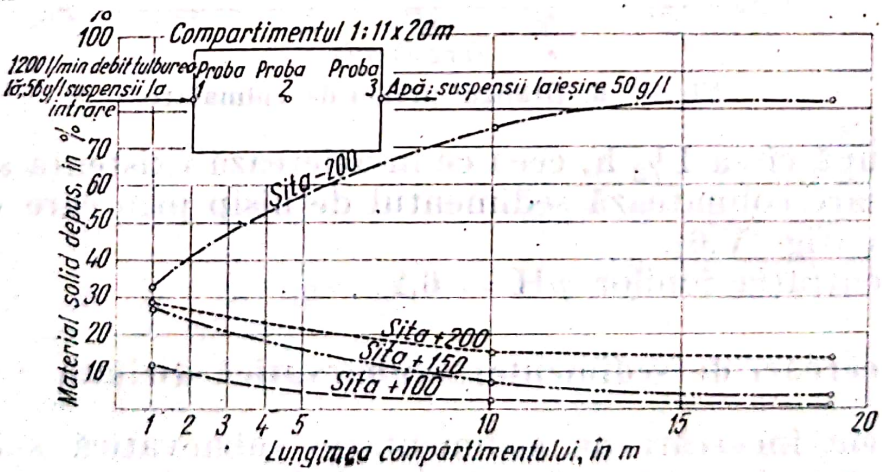


Fig. V. 8. Graficul încercărilor de sedimentație în compartimentul *1* cu debit de 1200 l/min :

1, 2, 3 — probe de sediment luate. Salteaua de apă are 0,20—0,30 m grosime. Sedimentul probei luate din punctul *1* are unghiul de frecare $\varphi = 31°30'$. Sedimentul probei luate în punctul *3* are unghiul de frecare $\varphi = 27°30'$.

depărtarea de punctul de intrare a tulburelii în compartiment, precum și procentajul de material solid pentru diferite site.

Se observă o variație laterală diferențiată în sedimentație de-a lungul compartimentului, mărimea grăunților scăzînd în raport cu depărtarea de punctul de deversare (la proba *3* din fig. V.8 materialul grosier a scăzut, cantitativ, în comparație cu proba *1* și *2*, în schimb, materialul fin a crescut).

Din această sortare a materialului, cu diametru mare la periferie și cu diametru mai mic spre interior, rezultă o pantă care coboară spre interior. Astfel se formează o cuvetă a cărei bordură se înalță continuu prin depunerea diferențiată a sedimentului.

Dată fiind lungimea redusă (20 m) a compartimentului față de debitul de 500—1 200 l/min, timpul în care tulbureala parcurge compartimentul nu este suficient pentru decantarea tuturor suspensiilor. De aceea, particulele de nisip s-au sedimentat în ordinea mărimii, suspensiile fine deversînd peste peretele din avalul compartimentului și evacuîndu-se în Criș.

În planșa V.2 este indicat, de-a lungul compartimentului *1* și *3* profilul sedimentului. În compartimentul din mijloc care este deschis în aval s-au făcut încercări de aluvionare a acestei plaje, plasînd sub brațele deversoare descrise anterior, un panou de deversare cu pantă de 10%.

S-a constatat că pe acest panou nu rămîne nisip deoarece este continuu spălat de curentul de tulbureală.

Diagramele din fig. V.9 indică variația sedimentației în compartimentul *2*, în funcție de lungimea plajei aluvionate, cu debit de 500 l/min.

Comparînd sedimentația pe plaja deschisă (fig. V.9), cu sedimentația în compartimentul închis (fig. V.7) la același debit de 500 l/min, se constată aceeași variație laterală, mărimea particulelor scăzînd în raport cu punctul de deversare. Depunerea pe plaja deschisă este mai intensă decît depunerea subacvatică. Pe plaja deschisă, grăunții de steril aderă între ei și se depun îndată ce fluidul se dispersează. În salteaua de apă, antrenarea grăunților de steril este în funcție de viteza curentului. În proba *2* din fig. V.9 (plajă deschisă), se vede că materialul grosier depus pe un parcurs de 18 m a scăzut cantitativ, comparativ cu proba *1*, iar materialul fin a crescut. În proba *2* din fig. V.7 (compartiment închis), această scădere cantitativă a materialului grosier și sporirea celui fin este mai puțin pronunțată.

Această constatare este foarte importantă și este aplicată la supraînălțarea digului de centură. Pentru a intensifica supraînălțarea digului de centură se face deversarea pe o plajă deschisă, făcînd aluvionarea pe distanța necesară.

Scanned with OKEN Scanner

Plasarea orificiilor braţelor deversoare între 45 şi 25°, s-a considerat necesară spre a împiedica ieşirea particulelor mai mari la înce-

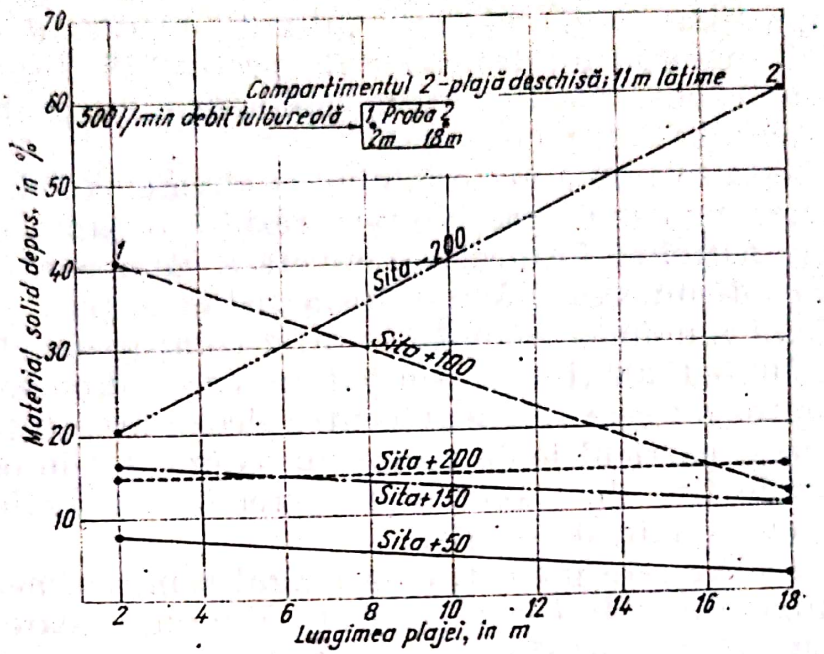


Fig. V. 9. Graficul încercărilor de sedimentare în compartimentul 2 cu debit de 500 l/min:
1, 2 — probe de sediment luate.

putul braţului deversor. Prin inversarea capetelor braţelor deversoare s-a observat însă că poziţia orificiilor nu are nici o influenţă practică, probabil din cauza vitezi accentuate cu care circulă tulbureala în braţul deversor.

S-a constatat o depunere mai intensă de sedimente, acolo unde debitul braţului deversor a fost mai mic. Porţiunea de plajă aluvionată cu braţul deversor de 1½" cu orificii de 18 mm diametru a reţinut mai mult sediment decît jumătatea de plajă aluvionată cu braţul deversor de 1½" şi orificii de 30 mm diametru.

În concluzie se constată o aluvionare mai intensă a plajei la debite mai mici de tulbureală. La aluvionare cu debite mari se formează şiroaie care antrenează materialul şi nu permit depunerea.

De aceea, deversarea tulburelii trebuie efectuată simultan prin cît mai multe puncte dispuse pe conturul periferic, dacă este necesar să se obţină o intensificare a supraînălţării digului de centură.

În compartimentul *3* s-au făcut încercări de sedimentaţie subacvatică, reproducînd condiţiile unei plaje în fază de reflux (v. planşa V.2).

Scanned with OKEN Scanner

La nivelarea terenului s-a realizat o pantă de 1%.

Diagramele din fig. V.10 şi V.11 *a*, *b*, *c*, *d*, *e* arată variaţia sedimentaţiei de-a lungul compartimentului cînd s-a lucrat cu debit de 500 l/min, respectiv 1200 l/min, cu jgheaburi de repartiţie prin a căror pendulare s-a efectuat stratificaţia încrucişată în solzi.

În general, şi în acest compartiment, concluziile care se desprind sînt analoage celor menţionate mai înainte. Se remarcă curbele care reprezintă depunerea crescîndă a materialului care trece prin sita de 200 ochiuri/ţol.

Din analizele de sită se constată că la depunerea subacvatică (prin hidroecran) particulele grosiere antrenează în decantare şi particulele fine. Fenomenul este foarte avantajos întrucît particulele fine umplu interstiţiile dintre particulele grosiere, rezultînd astfel un sediment mai compact.

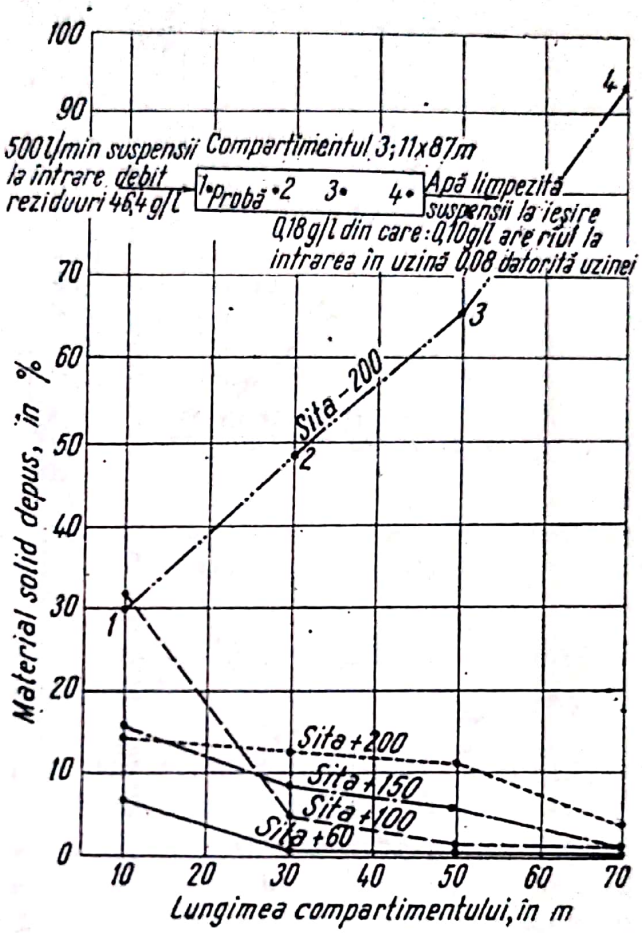


Fig. V.10. Graficul încercărilor de sedimentare subacvatică în compartimentul *3* cu debit de 500 l/min:

1, 2, 3, 4 – probe de sediment luate. Probele -au luat de la distanţe de 10,00, 30,00, 50,00 şi 70,00 m. Salteaua de apă are 40,00 m lungime şi 0,40 m grosime la ieşire.

În ceea ce priveşte textura sedimentului rezultat din sedimentaţia încrucişată în solzi, realizată prin pendularea jgheaburilor de repartiţie, se vor arăta în cap. IV rezultatele determinărilor făcute de laboratorul de geotehnică I.P.C.S. asupra probelor de sediment luate în vederea verificării eficienţei procedeului depunerii subacvatice.

5. Limpezirea apei în instalaţia experimentală

Prin depunerea particulelor cu o granulaţie sub 1 mm diametru, vitezele nu pot întrece valorile indicate în tabelul V.4.

Scanned with OKEN Scanner

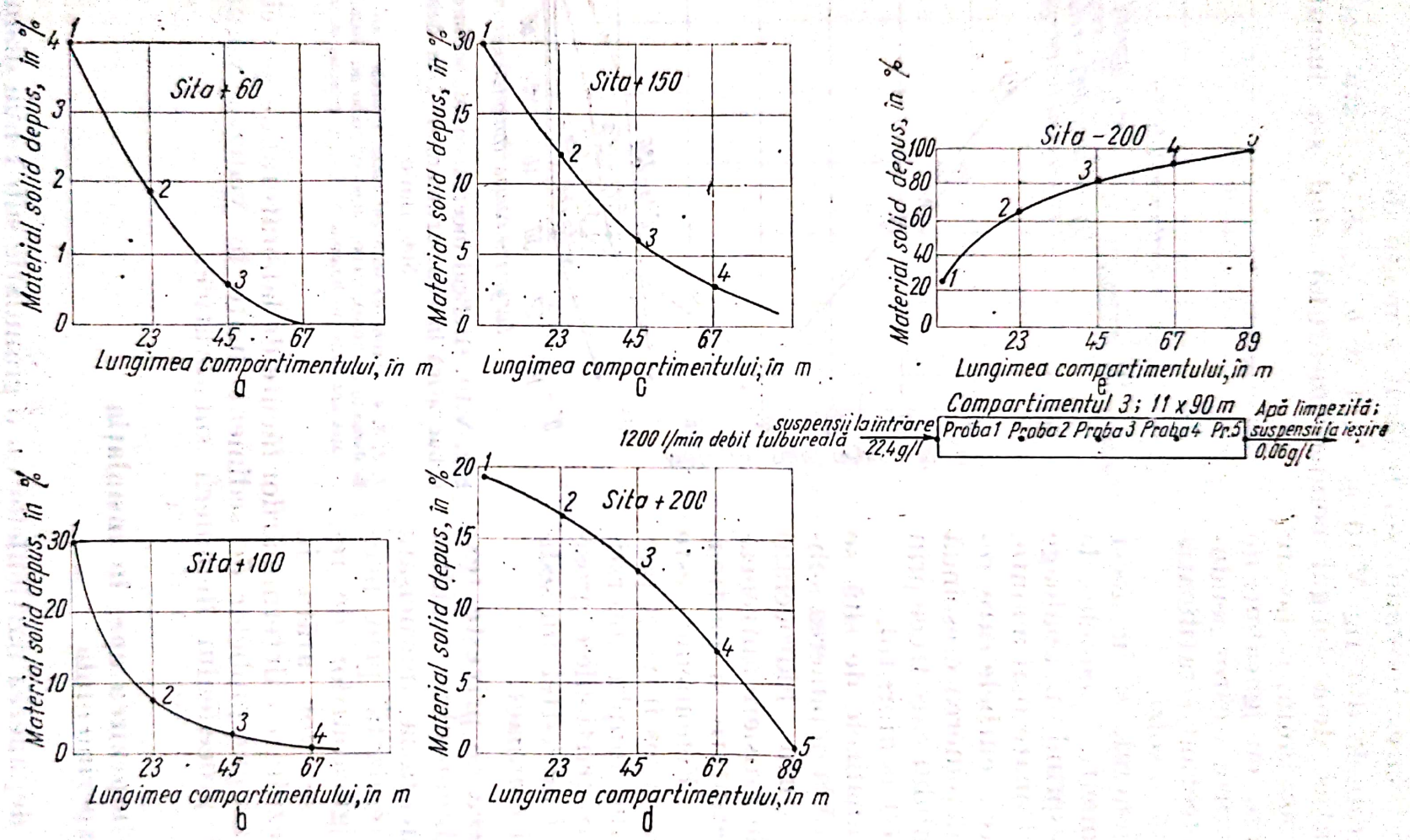


Fig. V. 11. Graficele încercărilor de sedimentare subacvatică în compartimentul 3 cu debit de 1 200 l/min:

1, 2, 3, 4, 5 — probe de sediment luate. Probele s-au luat de la distanțe de 1,00; 23,00; 45,00; 67,00 și 89,00 m. Salteaua de apă are 50,00 m lungime și 0,50 m grosime la ieșire.

Scanned with OKEN Scanner

Conform analizei de sită sterilul de la Gura Barza este sub 0,5 mm diametru şi în consecinţă viteza critică de depunere este 0,62 m/s faţă de viteza de pompare realizată în conducta de

Tabelul V.4. **Viteza limită de plutire pentru diferite mărimi de greutăţi [35]**

Mărimea transversală a particulelor mm	Viteza fluxului m/s	Mărimea transversală a particulelor mm	Viteza fluxului m/s
1,0	1,200	0,0800	0,0710
0,9	1,080	0,0700	0,0590
0,8	1,000	0,0600	0,0450
0,7	0,870	0,0500	0,0350
0,6	0,700	0,0400	0,0250
0,5	0,620	0,0300	0,0150
0,4	0,500	0,0200	0,0062
0,3	0,380	0,0010	0,0018
0,2	0,250	0,0009	0,0015
0,1	0,095	0,0009	0,0013

1,70 m/s în timpul încercărilor. Manualele de specialitate recomandă un coeficient de siguranţă de aproximativ 3. În cazul de faţă se realizează 1,70/0,62 = 2,80.

Pentru o limpezire efectivă a apei s-a preconizat vehicularea particulelor de steril printr-un hidroecran [1]. Acest hidroecran s-a creat prin ridicarea nivelului în avalul compartimentului 3, obţinîndu-se un strat de apă cu lungimea $L = 50{,}00$ m şi grosimea (medie) de 0,50 m, adică cu o secţiune frontală (aferentă lăţimii compartimentului) :

$$S = 11{,}00 \times 0{,}50 = 5{,}50 \text{ m}^2.$$

La această secţiune şi la debitul pompei Wilfley $q = 0{,}50$ m³/min corespunde o viteză de deplasare prin hidroecran :

$$v = \frac{q[\text{m}^3/\text{s}]}{S[\text{m}^2]} = \frac{0{,}00833}{5{,}50} = 0{,}0015 \text{ m/s},$$

care corespunde cu viteza limită de sedimentare a particulelor în suspensie cu diametrul 0,0009 mm ; la această viteză decantează toată gama de particule mai mari ca 0,0009 mm.

[1]) Hidroecranul este stratul de apă cuprins între sedimentul din iaz şi gura de deversare a sondei inverse.

Scanned with OKEN Scanner

Timpul în care particula va parcurge lungimea totală a hidroecranului de 50 m este :

$$t = \frac{L}{v} = \frac{50}{0{,}0015} = 33\,300 \text{ s, respectiv } 9 \text{ h } 20 \text{ min.}$$

La debitul de 1,20 m³/min corespunde o viteză $v = \frac{0{,}02}{5{,}5} = 0{,}036$ m/s echivalentă cu viteza limită a particulei apropiată de 0,05 mm diametru şi un timp de parcurgere $t = \frac{50}{0{,}036} = 13\,900$ s adică 3 h 50 min, aproximativ de două ori mai mare decît timpul de decantare în cilindrul gradat (fig. V.12).

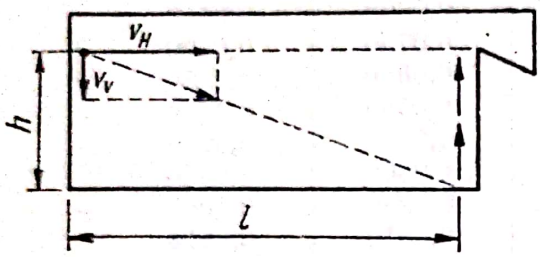


Fig. V. 12. Relaţia dintre componentele vitezei în sedimentare [151].

La viteza de 0,036 m/s corespunzătoare debitului de 1,20 m³/min ar urma să decanteze numai particulele mai mari decît 0,05 mm, iar gama de particule mai mici cuprinse între 0,05 şi 0,0009 mm să rămînă în stare de plutire. Încercările de sedimentare făcute cu acest debit printr-un hidroecran de 0,50×11,00 m au arătat însă că apa limpezită în instalaţie avea la ieşire un conţinut de numai 0,06 g/l faţă de 22,40 g/l în suspensii la intrarea în compartiment (fig. V.12)[1], iar analiza de sită a probei de sediment luată din punctul 5 (extremitatea din aval a compartimentului) arată că practic tot sedimentul (99,52%) a trecut prin sita 200, adică are o finețe între 0,075 şi 0,0009 mm.

[1] Figura V.12 reprezintă relaţia dintre viteza de decantare liberă v_V (componenta verticală) şi viteza de deplasare prin hidroecran v_H (componenţa orizontală) la care corespund expresiile pentru timp (relaţie denumită de către A. F. Taggart „principiul ariei") [151] :

$$t_V = \frac{h}{v_V} \quad \text{şi} \quad t_H = \frac{1}{v_H};$$

or $v_H = \frac{Q}{bh}$, unde Q este volumul de lichid scurs pe unitatea de timp şi b este lăţimea hidroecranului. Făcînd înlocuirile în relaţiile de mai înainte $\frac{h}{v_V} = \frac{1}{v_H}$ se obţine relaţia „principiul ariei" :

$v_V = \frac{Q}{bl} = \frac{Q}{A}$ în care A este aria orizontală făcînd un unghi drept cu forţa care cauzează sedimentarea.

Această constatare asociată cu constatarea sus-amintită că particulele grosiere antrenează în decantare și particulele fine (în proba *3* sedimentul reținut de sita 200, adică cuprins între 0,25 și 0,075 mm reprezentînd 31,3%, a antrenat în decantare 68,7% sediment trecut prin sita 200, adică cuprins între 0,075 și 0,0009 mm) duce la concluzia că prin vehicularea foarte lentă prin hidroecran a particulelor disperse (particulele semicoloidale și coloidale în stare de peptizare — în formă de emulsie cu mediul de dispersie), se obține o limpezire completă a apei, hidroecranul acționînd ca un filtru care colectează suspensiile fine. Spre deosebire de decantarea în cilindri (în stare de repaus), în decantarea în stare de mișcare foarte lentă are loc descărcarea sarcinilor electrice a particulelor semicoloidale și coloidale, acestea grupîndu-se în jurul particulelor grosiere care se comportă ca nucleu și le antrenează depunîndu-se sub acțiunea gravitației cu o viteză mai mare.

Aceste constatări invederează eficiența deosebită a hidroecranului.

La probele efectuate cu debitul de 1,20 m^3/min și cu un hidroecran cu secțiunea $s = 0{,}40 \times 11 = 4{,}40$ m^2 și cu lungimea $L = 50$ m, s-a obținut decantarea tulburelii de la 46,4 g/l suspensii la intrarea în compartimentul *3*, pînă la 0,18 g/l suspensii rămase în apa limpezită la ieșire; din acestea 0,10 g/l reprezintă suspensiile existente în apa Crișului care alimentează uzina de preparare și numai 0,08 g/l sînt suspensii rămase din steril, care raportate la debitul Crișului nu reprezintă practic nici o creștere a suspensiilor după amestec.

Din comparație cu proba precedentă se vede că hidroecranul de 0,50 m grosime este mai eficace decît hidroecranul de 0,40 m. Gradul de limpezire depinde de grosimea hidroecranului și de concentrația suspensiilor din tulbureală.

În mod excepțional, s-au obținut probe de apă limpezită în suspensiile care nu reprezentau decît 0,005 g/l; aceste rezultate s-au obținut cu un debit de 500 l/min, cu un hidroecran cu secțiunea $s = 0{,}50 \times 11 = 5{,}50$ m^2 și lungimea $L = 50$ m.

Apa limpezită are la ieșirea din instalație $p\mathrm{H} = 6{,}5$ ca și apa potabilă, iar conținutul de oxigen de 8 mg/l de asemenea normal.

Asupra performanțelor de decantare ale hidroecranului se va reveni în cap. VI care se ocupă de verificarea oficială a rezultatelor obținute în instalație.

Rezultatele obținute în timpul încercărilor de limpezire au arătat că printr-o judicioasă dimensionare a hidroecranului (grosime, lățime și lungime) în funcție de debitul și de caracteristicile tulburelii se asigură o decantare completă, fără să fie necesară folosirea electroliților în cazul tulburelii cu suspensii care formează emulsii puțin stabile.

Scanned with OKEN Scanner

C. ÎNCERCĂRI DE SEPARARE PRIN CENTRIFUGARE ȘI CU HIDROCICLONUL. CERCETAREA DEGRADĂRII RÎULUI PRIN EVACUAREA STERILULUI

1. Încercări de separare prin centrifugare

Încercările de separare prin centrifugare au fost preconizate și efectuate de autor pe baza următoarelor considerente:

1) *Particulele fine de steril din tulbureală se aflau în stare coloidală formînd o emulsie analoagă cu emulsiile formate de particulele fine de sediment cu apa de zăcămînt și cu țițeiul produs de sonde*
2) *În tulbureala de la Gura Barza, cuarțul reprezintă circa 80% din steril, ale cărui particule fine sînt dispersate în apă, conform relației:*

$$SiO_2 + H \cdot OH \rightleftarrows H\,SiO_3^- + H^+$$

3) *Diferența dintre greutatea specifică a particulelor de steril și a apei este mult mai mare ca diferența dintre greutatea specifică a apei de zăcămînt și dintre țițeiul care formează emulsiile petroliere*
4) *Emulsiile de apă cu țiței s-au separat prin centrifugare, iar procedeul s-a aplicat pe scară industrială în schela Boldești* [60].

Centrifugarea cu fiole de 50 cm³ în instalație de tip Retorta (fig. V.13) s-a efectuat punînd în fiole cîte 50 cm³ tulbureală așa cum ieșea de la roata elevatoare.

Nu s-a aplicat tulburelii nici tratament termic și nici chimic înainte de centrifugare.

S-au centrifugat probele cu o turație de 3 000 rot/min, timp de 5 min (determinarea tulburelii s-a făcut cu tachometrul).

Fiolele au arătat 3% sediment compact, iar apa a fost complet limpede (cristalină). Sedimentul a fost așa de compact încît s-a folosit dornul metalic spre a-l scoate din fiolă.

Aceeași tulbureală centrifugată timp de 2 min a avut ca rezultat odată cu o completă limpezire a apei și depunerea sedimentului în mod compact.

Proba de centrifugare cu o durată de numai 1 min a arătat că se obține apă suficient de limpede spre a fi recirculată în uzină sau

evacuată în Criș, iar sedimentul separat în fundul eprubetei era afinat (netasat).

Pentru descrierea centrifugei și a metodei de lucru se va vedea [12].

Centrifugarea cu separatorul Cepa-Schnell cu 40 000 rot/min s-a făcut în laboratorul I.C.F.E.—Cîmpina. Înainte de a-și lua turația de regim, lichidul a fost complet expulzat, iar pe pereți s-a depus un strat subțire (circa 1 mm) de sediment fin.

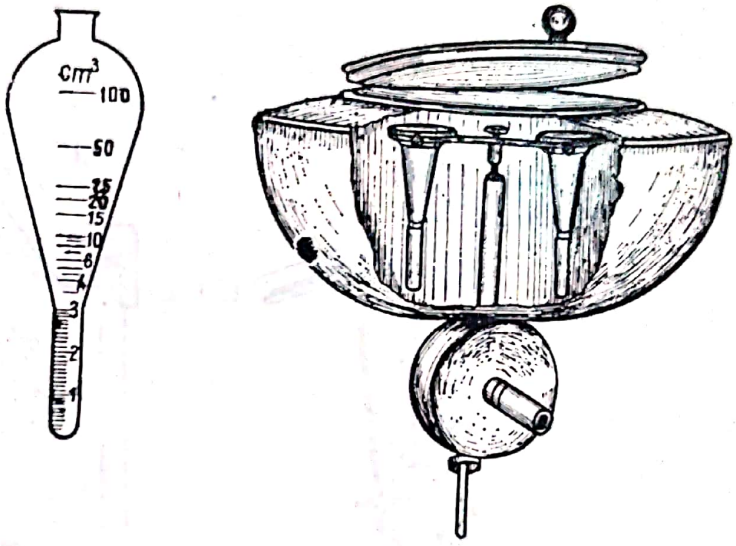


Fig. V. 13. Centrifugă cu fiole acționată cu motor de 3 000 rot/min.

Apa expulzată nu era limpede, dar după un repaus de circa 45 min a decantat complet.

Literatura de specialitate [73] menționează că supercentrifuga Sharples (care lucrează cu 20 000—40 000 rot/min) va fi cu greu aplicată în prepararea minereurilor din cauza capacității prea reduse, avînd o tobă cu diametrul de 4'' și lungimea de 36''. Pentru descrierea acestei centrifuge și a metodei de lucru se va vedea [12] și fig. V.14.

Centrifugarea cu separatorul de tip Alfa Laval (fig. V.15) cu 6 000 rot/min și capacitatea de 300 l/h s-a făcut cu tulbureala așa cum ieșea de la roata elevatoare a uzinei Gura Barza fără să i se aplice vreun tratament chimic sau termic.

La intrarea în separator tulbureala a avut circa 50 g sediment, iar apa limpezită mai conținea 0,429 g/l.

Rezultatele obținute sînt satisfăcătoare deoarece suspensiile fine și grosiere au fost eliminate, obținînd apă limpede cu oarecare opalescență ceea ce arată că au mai rămas fracțiuni din suspensiile coloidale.

Neajunsul ce-l prezintă acest separator constă în faptul că talerele conice ale separatorului se înfundă cu sediment, ceea ce face ca acest tip de centrifugă să fie impropriu pentru astfel de operații. Pentru descrierea separatorului Laval și a metodei de lucru se va vedea [12]. Din punct de vedere teoretic separarea centrifugă este amplu tratată de V. I. Socolov în manualele „Centrifuge" și „Supercentrifuge".

Scanned with OKEN Scanner

Experienţa centrifugării tulburelilor dovedeşte că se obţine apă limpede care poate fi readusă în circuitul uzinei de preparare, sau evacuată fără nici o restricţie în rîul receptor. Din literatura de

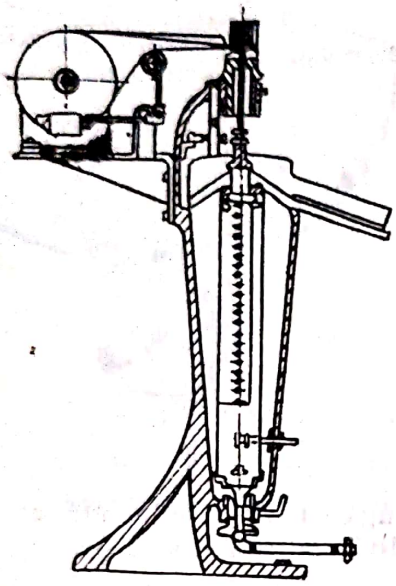


Fig. V. 14. Supercentrifuga Sharplees.

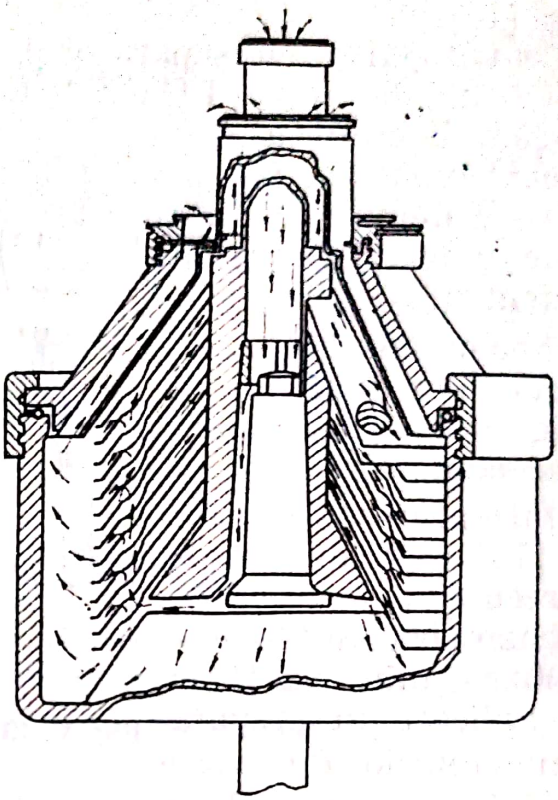


Fig. V. 15. Secţiunea prin separatorul Laval arătînd direcţia curgerii fluviului în timpul funcţionării.

specialitate [9] se desprinde că dificultatea majoră constă în a asigura o funcţionare continuă şi în costul de exploatare ridicat.

Urmează să se adapteze un tip de separator care să satisfacă cele două deziderate.

Deşi rămîne de rezolvat problema de transport a sedimentului eliminat prin centrifugare, transport care este mai constisitor ca oricare alt mijloc în afară de hidromecanizare, centrifugarea rămîne cea mai indicată metodă acolo unde nu poate fi găsit un teren adecvat pentru a face un iaz de decantare (situaţia flotaţiei de la Ruşchiţa etc.).

În ceea ce priveşte aplicarea separării centrifuge la spălarea cărbunelui, literatura de specialitate [9, 10 şi 11] menţionează că centrifugele Carpenter şi Elmore au obţinut oarecare succese în separarea cărbunelui spălat 0—1/2", iar centrifuga Bird a realizat o bună performanţă în separarea netă a materialului fin din mîl. Pentru descrierea centrifugei Carpenter, a metodei de lucru şi rezultatele obţinute se va vedea [10 şi 11].

Scanned with OKEN Scanner

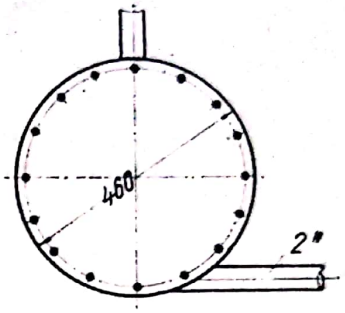
2. Încercări cu hidrociclonul

În cadrul instalației experimentale și anume la extremitatea conductei de refulare a tulburelii în compartimentul *3*, s-a atașat un hidrociclon cu diametrul de 8″ (fig. V.16 ; v. fig. V.1). Tulbureala s-a pompat în hidrociclon cu pompa centrifugă Wilfley cu presiunea de la 0,2 la 1 at și cu debitul variind pînă la 500 l/min ; s-au făcut încercări cu diferite duze de fund de la 6 la 50 mm.

S-au făcut încercări și cu un hidrociclon de dimensiuni mai mici (cu diametrul de 4″) și cu presiune de 2 at.

Încercările au dus la concluzia că se poate realiza o îngroșare a tulburelii, însă fără să se obțină limpezirea apei.

Experimentarea metodică a hidrocicloanelor reprezintă un cîmp vast de investigații și sînt de așteptat rezultate favorabile în domeniul îngroșării tulburelii de la concentrația de 1/20 din șteampuri pînă la concentrația de 1/4 necesară în flotații și chiar mai mare. Aceste rezultate pot satisface unele necesități privind fluxul tehnologic al preparării, dar nu pot asigura limpezirea completă a apei și separarea integrală a sterilului, astfel încît apa să poată fi evacuată direct în rîu.



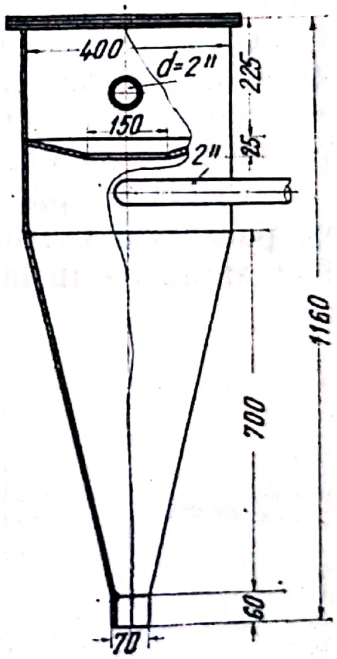


Fig. V. 16. Hidrociclon.

Încercările cu separatoarele centrifuge au arătat că separarea suspensiilor foarte fine are loc la viteze periferice foarte mari. Astfel de viteze sînt greu de realizat în hidrocicloane și în afară de aceasta intervine și neajunsul generat de capacitatea redusă a hidrociclonului. Dificultățile menționate impun construirea unui număr mare de baterii de hidrocicloane și a unei instalații de pompare adecvată cu un consum mare de energie. Hidrociclonul nu se uzează însă în același grad ca centrifuga, ceea ce reprezintă un mare avantaj.

Pentru hidrocicloanele folosite la noroaiele de foraj a se vedea pag. 158—160, iar pentru construirea digului cu hidrociclonul cap. III. E.

3. Cercetarea degradării rîului Criș prin evacuarea sterilului de la uzina Gura Barza

În acest scop s-au efectuat investigații pe parcursul rîului Criș între localitatea Criscior (amonte de uzina Gura Barza) și localitatea

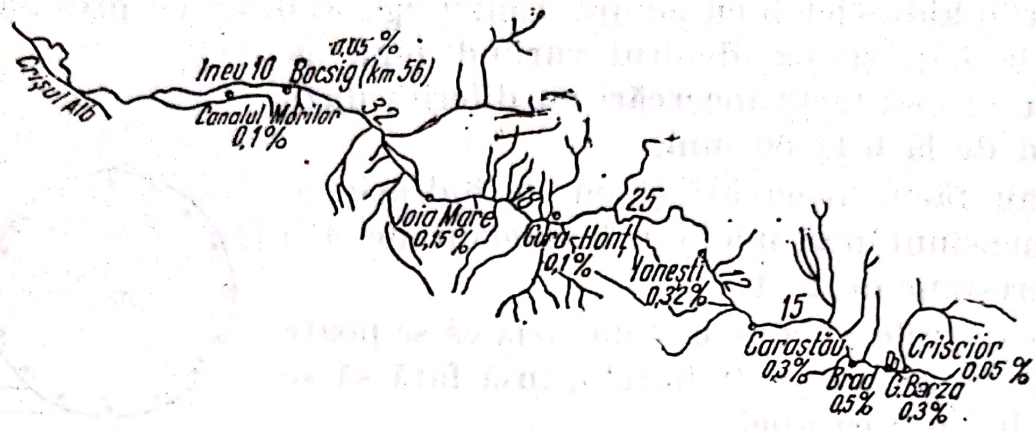


Fig. V. 17. Schema stațiilor de cercetare între Criscior și Ineu.

Ineu (crescătoria de crapi) situată aproximativ la 120 km în aval de Gura Barza (fig. V.17).

La aceste cercetări a participat și un biolog care a urmărit problemele de ordin piscicol.

Prima etapă de investigații a constat în stabilirea unor stații pe parcursul Crișului Alb, de unde s-au luat probe de apă, care au fost analizate în laboratorul Gura Barza (tabelele V.5 și V.6).

Tabelul V.6. **Rezultatul cercetărilor pe traiectul**

Determinări	Probe					
	Probe luate cu evacuarea numai					
	Criscior	Pîrîul Berzei	Intrare în uzină	Tărătel	Brad Pod	Cărăstău
*p*H	6,500	6,200	6,500	6,500	6,500	6,500
Suspensii minerale	0,287	0,526	0,312	4,712	12,126	1,429
Suspensii organice	0,053	0,354	0,069	0,269	0,665	0,258
Suspensii totale	0,340	0,860	0,381	5,091	12,791	1,687
Reziduul total	0,306	2,152	0,370	0,454	0,464	0,470
Pierderi la calcinare						
Substanțe organice : urme de	0,037	0,240	0,042	0,072	0,078	0,030
MnO_4K, în mg/l	Urme	29,300	Urme	135,000	476,200	16,500
Oxigen, în mg/l	7,500	6,000	9,000	8,300	8,500	7,700

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.5. **Analiza probelor de apă din rîul Criş (18—21 iulie 1951) cu evacuarea totală a sterilului de uzină**

Localitatea de unde s-a luat proba	Suspensii minerale g/l	Suspensii organice g/l	Reziduul total g/l	Reziduul fix g/l	Substanţe organice MnO_4K	*p*H	Oxigen mg/l
Canalul morilor Ineu	0,2556	0,0164	0,596	0,506	9,79	6,6	7,0
Boxig Ineu km 56	0,0300	0,0076	0,254	0,228	6,63	6,7	7,5
Joia Mare	0,4200	0,0244	0,764	0,725	13,27	6,6	—
Gurahonţ Pod	0,1864	0,0220	0,448	0,394	6,63	7,0	—
Ţărmuri Ioneşti, pod C.F.R. după ploaie	2,9892	0,2712	3,480	3,296	59,41	6,9	—
Cărăstău Pod	2,7340	0,2716	3,572	3,268	49,62	6,7	—
Brad Pod	3,2468	0,2100	3,920	3,640	52,78	7,0	—
Gura Barza 200 m aval	2,9948	0,1832	3,292	3,024	29,70	7,0	—
Criscior amonte uzină	0,0168	0,0336	0,360	0,280	6,63	7,1	—

I. 500 cm³ lichid filtrat (suspensii totale iar după calcinare cantitatea care se pierde se trece în rubrica substanţe organice
II. 100 cm³ lichid vaporizat la temperatura de 105°C pe baie de apă din reziduul total, care prin calcinare pierde părţile volatile şi organice rămînînd reziduul fix
III. Titrarea a 100 cm³ apă (acidulată cu acid sulfuric) cu permanganat de potasiu *n*/10 stabilind cuantumul de permanganat consumat de substanţele organic
IV. *p*H se determină cu colorimetrul Wulf

Crişului între Criscior şi Boxig Ineu

luate

a sterilului fin în Criş				Cu tot sedimentul în Criş		Apa de alimentare a uzinei	Din instalaţia „Machetă"
Ţărmuri	Gurahonţ	Joia Mare	Boxig Ineu	Tărăţel	Brad Pod	Criş înainte de pîrîul Berzei	Apă limpezită
6,500	6,500	6,300	6,400	6,500	6,000	6,5	6,500
0,478	0,298	0,055	0,032	6,506	8,021	—	—
0,078	0,013	0,020	0,028	0,368	0,501	—	—
0,556	0,311	0,075	0,066	6,874	6,522	Limpede	0,005
0,318	0,300	0,300	0,280	0,440	0,460	Nedeterminat	Nedeterminat
0,044	0,063	0,074	0,002	0,074	0,076	—	—
13,000	6,400	6,400	3,100	333,000	193,100	3,1	3,100
—	8,500	—	8,500	—	—	10,8	8,200

Scanned with OKEN Scanner

Aceste probe au fost luate într-o perioadă cînd *întreaga cantitate de steril de la preparare a fost evacuată în rîul Criş* (50 g/l). Rezultatele sînt cuprinse în tabelul V.5.

Proba luată de la circa 200 m în aval de punctul de evacuare a sterilului indică o diluare neomogenă a tulburelii în Criş, iar procentul de suspensii este mai mare acolo unde torenţii au o acţiune mai intensă din cauza precipitaţiilor care au avut loc în perioada luării probelor. Acest lucru se observă chiar cu ochiul liber, coloritul galben al rîului Criş, după confluenţă, fiind caracteristic prin contrast cu coloritul cenuşiu al apei Crişului înainte de confluenţă cu torenţii.

Procentajul de suspensii de 0,05% este acelaşi la Criscior (înainte de alimentarea uzinei) ca şi la Boxig (circa 110 km în aval de uzină), ceea ce învederează că suspensiile provenite din evacuarea sterilului de la Gura Barza s-au redus la o stare de diluţie egală cu diluţia apei înainte de a fi folosită în uzina de preparare şi că nu pot prejudicia cu nimic crescătoria de crapi de la Ineu, la regimul actual de curgere al Crişului.

*p*H-ul tulburelii înainte de evacuare în Criş are o valoare de 6,2, în comparaţie cu 6,5—6,8 al apei potabile.

În a doua etapă de investigaţii între 26 şi 29.IX.1951 s-a urmărit efectul de degradare a rîului produs de *evacuarea în Criş numai a sterilului fin*, în comparaţie cu evacuarea întregii cantităţi de steril. Rezultatele sînt arătate în tabelul V.6.

Prin eliminare nisipul grosier în afara Crişului (transportarea la haldă cu funicularul) se evită împotmolirea albiei minore a Crişului, care ar putea fi produsă de acest sediment deoarece el ar decanta la scurtă distanţă după evacuare.

Suspensiile fine sînt transportate mult mai departe de punctul de evacuare, ele depunîndu-se la viteze mult mai mici, acolo unde albia rîului Criş se lărgeşte.

Detalii cu privire la condiţiile climaterice, geologice, de vegetaţie şi de relief, precum şi evoluţia împotmolirii albiei Crişului, sînt conţinute în raportul asupra regimului apelor Crişului Alb în cursul său superior şi asupra cauzelor de împotmolire a albiei sale în regiunea Bradului făcut de prof. I. O. Voiteşti de la Universitatea din Cluj-Napoca, în anul 1951.

Scanned with OKEN Scanner

capitolul

VI

VERIFICAREA PROCEDEULUI ŞI ANALIZA REZULTATELOR OBŢINUTE ÎN STAŢIA EXPERIMENTALĂ

Verificarea procedeului *„depunere subacvatică dirijată"* efectuată prin lucrări de teren, determinări de laborator şi interpretarea rezultatelor obţinute, este prezentată succint în continuare.

A. VERIFICAREA CONDIŢIILOR DE STABILITATE A DIGURILOR VECHILOR IAZURI DE DECANTARE

1. Amplasamentul şi descrierea iazurilor

În cap. I s-a descris vechea instalaţie de evacuare a sterilului de la Gura Barza, arătîndu-se că tulbureala provenită de la bateriile de şteampuri este deversată în bazinele de decantare (v. fig. I.1) unde nisipul grosier este separat de suspensiile fine. Nisipul este transportat cu funicularul şi depozitat pe versantul de vest al dealului Buneiu (v. fig. I.1 ; fig. VI.1).

Suspensiile fine sînt refulate împreună cu apa reziduală în iazurile situate la nord de incinta uzinei (v. planşa I.2) unde se depun, apa limpezită fiind evacuată prin deversoare. Pe măsură ce depozitul sedimentat se înalţă, digurile sînt şi ele înălţate cu nisip adus cu vagonetele.

În acest mod s-au format, în decurs de peste 20 ani, actualele depozite, de circa 15 m înălţime, avînd o suprafaţă de circa 4 ha.

Scanned with OKEN Scanner

Forma iazurilor în plan este aproximativ trapezoidală, cu baza mare de-a lungul dealului Buneiu. Digurile au taluzuri destul de înclinate, panta variind între 32 și 39° (1/1,6—1/1,2) la digurile late-

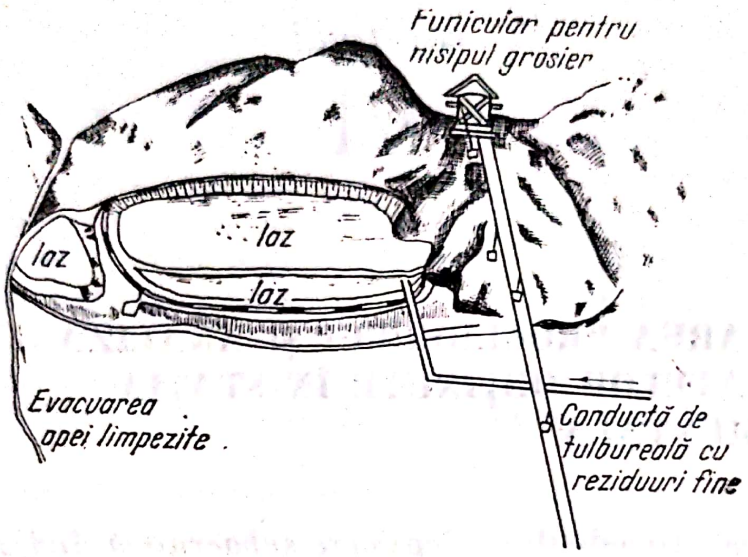


Fig. VI. 1. Crochiul panoramic al iazurilor vechi și halda de nisip.

rale (fig. VI.2) și între 40 și 50° (1/1,2—1/0,85) la digurile din incinta iazurilor.

Latura dinspre uzină este prevăzută cu un dig secundar care separă iazul principal în două zone cu suprafețe inegale.

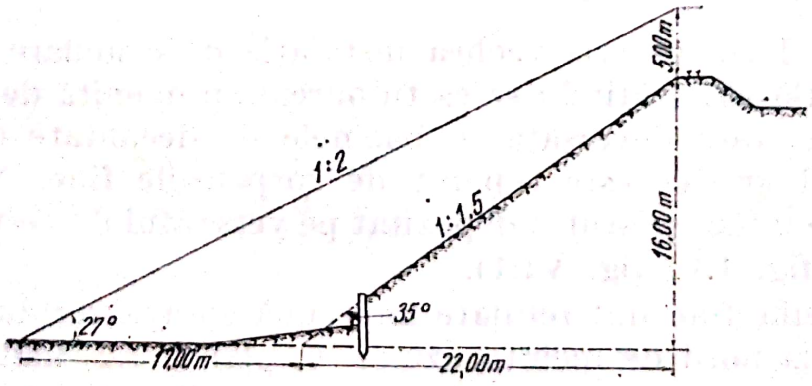


Fig. VI.2. Secțiune $s'—s$ prin digul lateral (v. fig. III. 1).

În partea de vest a iazului, cu ocazia unei ruperi a digului, s-a construit un iaz secundar de siguranță, a cărui înălțime este de circa 6,00 m (v. fig. III.1).

2. Starea vechilor diguri și iazuri. Cercetări geotehnice de teren și de laborator

a. **Obiectul cercetărilor.** Cercetările au avut ca scop să stabilească atît natura materialului în diferite puncte ale iazului și ale digurilor, cît și starea lui de consolidare. Cu ajutorul acestor date s-a urmărit să se verifice stabilitatea taluzurilor.

Pentru a putea aprecia dacă actualele iazuri mai pot fi utilizate în viitor sau nu, era necesar să se cunoască stabilitatea digurilor în funcție de natura, gradul de consolidare și rezistența la forfecare a materialului din diguri și iaz. Pe baza rezultatelor cercetărilor urma să se indice măsurile necesare în vederea continuării exploatării pînă la o înălțime de depozitare de circa 20 m.

b. **Lucrări de teren.** Digurile și iazurile s-au cercetat prin 20 foraje (v. planșa I.2), dintre care 8 au fost executate în diguri, 10 în iazuri și 2 în terenul pe care sînt așezate iazurile. **Adîncimea forajelor** este dată mai jos :

$F_{1\,dig}$ — 19,00 m;	$F_{7\,dig}$ — 9,00 m;	$F_{13\,iaz}$ — 17,50 m
$F_{2\,dig}$ — 19,00 m;	$F_{1\,teren}$ — 5,50 m;	$F_{14\,iaz}$ — 19,50 m
$F_{3\,dig}$ — 19,50 m;	$F_{2\,teren}$ — 5,00 m;	$F_{15\,iaz}$ — 17,50 m
$F_{4\,dig}$ — 18,50 m;	$F_{10\,iaz}$ — 18,00 m;	$F_{18\,iaz}$ — 7,50 m
$F_{5\,dig}$ — 13,50 m;	$F_{11\,iaz}$ — 19,00 m;	$F_{19\,iaz}$ — 6,00 m
$F_{6\,dig}$ — 6,50 m;	$F_{12\,iaz}$ — 18,50 m;	$F_{20\,iaz}$ — 11,00 m

Apa apărută în forajele din iazuri și diguri provine din praful neconsolidat, care sub greutatea stratelor superioare expulzează o parte din apa conținută în pori.

În terenul pe care sînt așezate iazurile, apa a fost întîlnită sub forma unui strat acvifer cu debit redus, la adîncimea de 0,80 m în S_1 și la 4,50 m în S_2.

c. **Natura materialului și repartiția lui din punct de vedere granulometric pe orizontală și pe verticală :**

1) *Diguri* : forajele și analizele granulometrice au arătat că digurile laterale sînt formate în genere din nisipuri (F_1, F_2 și F_5), în timp ce digurile situate în capetele iazurilor (F_3 și F_4), ca și digul iazului secundar (F_7), sînt alcătuite pe o adîncime de 10—16 m din zgură (v. planșa VI.1).

Analizele granulometrice pe verticală arată o variație de la nisip fin făinos la suprafață (6—8 m) pînă la praf argilos nisipos la baza forajelor. Prezența prafului argilos la baza forajelor este explicabilă dacă se ține seama că inițial, digurile nu au avut înălțimea

actuală, ci s-au înălţat pe măsură ce s-a depus sterilul în iazuri (fig. VI.3).

2) *Iazuri* : aducerea sterilului în iazuri s-a făcut prin pompare, gurile de deversare ale conductelor fiind amplasate în dreptul forajelor F_{10} şi F_{11}. Evacuarea apei limpezite s-a făcut prin deversoare situate în apropierea forajelor F_{13}, F_{14} şi F_{20}.

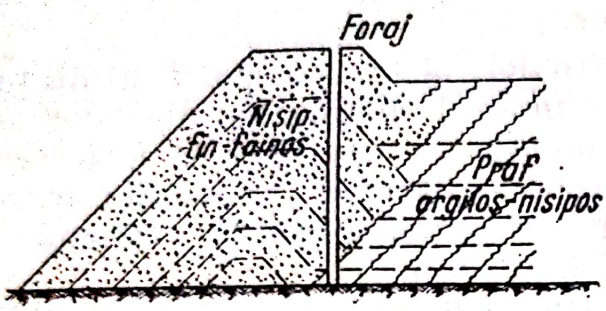


Fig. VI. 3 Secţiune în corpul digului.

Forajele şi analizele executate arată prezenţa unui material mai nisipos (nisip făinos, prăfos) în zona gurilor de deversare (F_{10}, F_{11} şi F_{12}), de-a lungul digurilor (F_{13}, F_{14}, F_{15} şi F_{20}) şi în iazul secundar (F_{10}) unde s-a găsit un depozit de praf argilos nisipos (planşa VI.1).

d. Indici caracteristici:

1) *Umiditatea* : din graful alăturat (fig. VI.4) se vede că umiditatea creşte cu adîncimea şi cu conţinutul de praf şi de argilă al materialului din iaz, atingînd valori pînă la 40%.

Indicii de consistenţă variază între 0,25—0,75 astfel că materialul se încadrează în domeniul moale — consistent. Deşi consistenţele sînt foarte scăzute, în special pentru prafurile argiloase din adîncime, trebuie să se observe că materialul are un oarecare grad de consolidare, nefiind curgător.

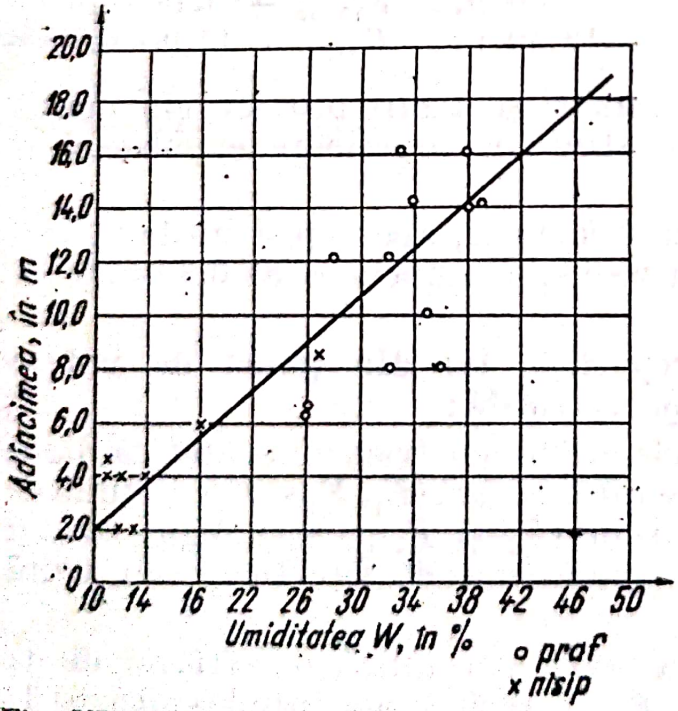


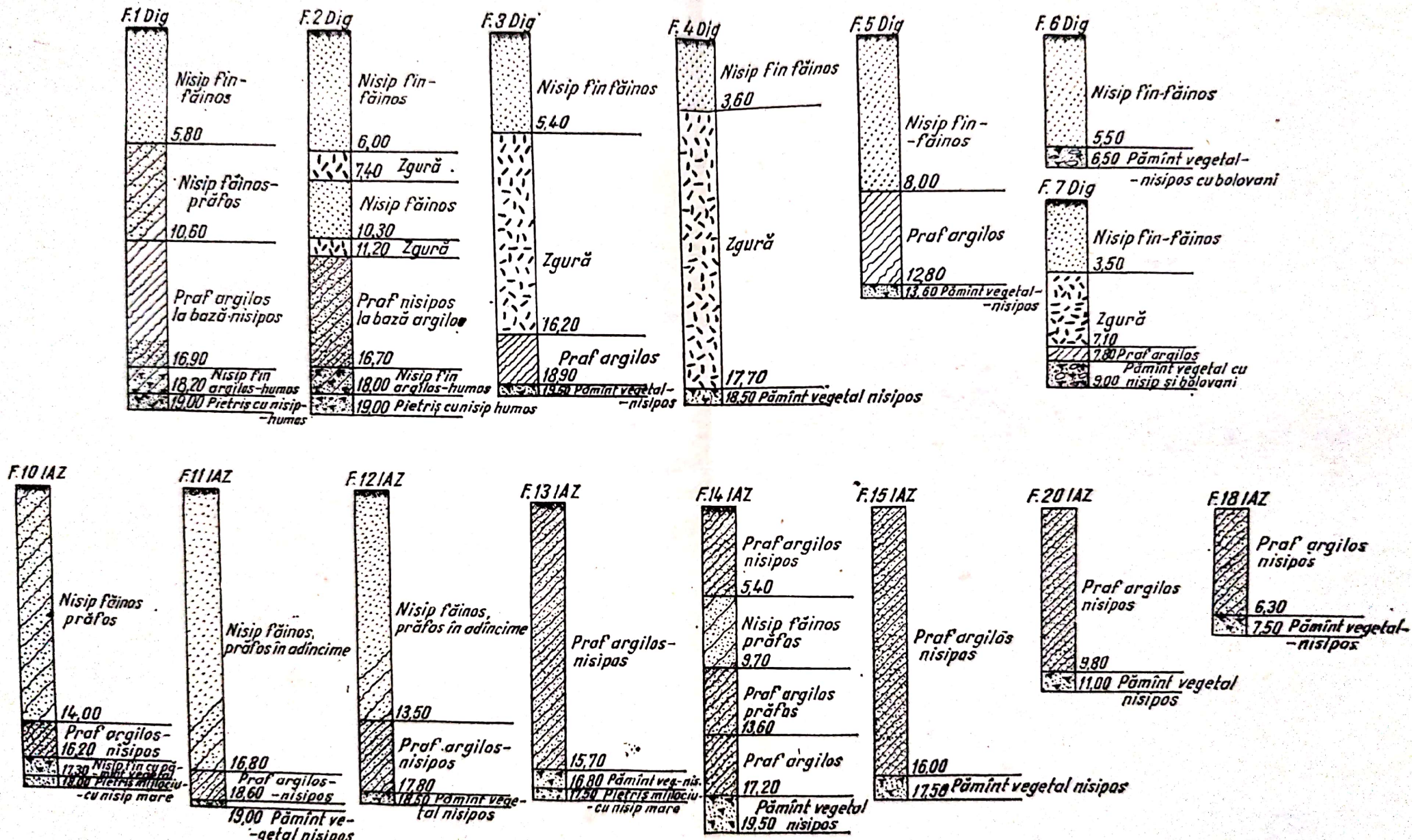
Fig. VI. 4. Graficul variaţiei umidităţii sedimentului din iazurile decantoare în funcţie de adîncime.

2) *Porozitatea* : volumul porilor descreşte invers proporţional cu adîncimea, iar greutatea volumetrică creşte direct proporţional (fig. VI.5 şi VI.6). Valorile ridicate ale volumului porilor (40—50%) şi valorile reduse ale greutăţii volumetrice (1,6 — 2,0 t/m³) indică un sediment puţin consolidat.

Determinările au arătat că nisipurile au un grad de saturaţie scăzut (0,3 — 0,5),

Scanned with OKEN Scanner

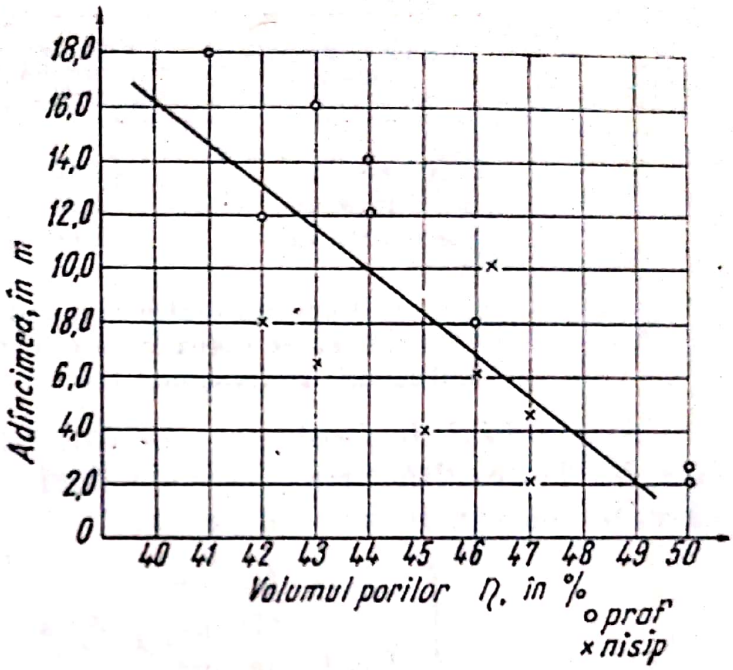
Scanned with OKEN Scanner



Planșa VI. 1. Profilurile forajelor în dig.

atit din cauza permeabilității stratelor, cît și din cauza evaporării produsă în stratele superficiale. La materialul prăfos porii sînt complet plini cu apă așa cum indică gradul de saturație egal cu 1,0.

Fig. VI.5. Graficul variației porozității sedimentului din iazurile decantoare în funcție de adîncime.



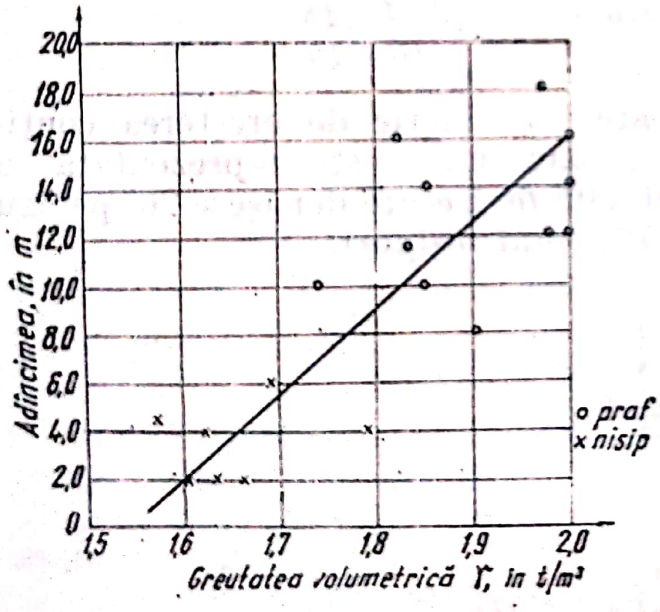


Fig. VI. 6. Graficul variației greutății volumetrice a sedimentului din iazurile decantoare în funcție de adîncime.

Pentru stabilirea gradului de îndesare a nisipului s-au executat în laborator încercări de afînare și de îndesare ale căror rezultate sînt date în tabelul VI.1.

Gradul de îndesare al nisipului din diguri ($D = 0{,}48$) arată că materialul este ușor îndesat datorită faptului că digurile au fost

construite pe cale mecanică, nisipul fiind adus cu vagonetul, răsturnat și bătătorit prin circulație pe coronament.

Tabelul VI.1. **Variația greutății volumetrice și a porozității în funcție de gradul de îndesare a nisipului**

Gradul de îndesare a nisipului	Greutatea volumetrică t/m³	Volumul porilor %	Indicele porilor [1]
Nisip afînat	1,15	57	1,30
Nisip îndesat	1,90	31	0,45
Stare naturală	1,60	47	0,89

[1] Raportul dintre volumul golurilor și volumul fazei solide, iar porozitatea este raportul dintre volumul golurilor și volumul total.

3) *Unghiul de frecare și coeziunea*: din graficul de răspîndire (fig. VI.7) rezultă următoarele **valori medii pentru unghiul de frecare, pe categorii de sediment:**

Nisip fin făinos	*30—32°*
Nisip făinos, prăfos	*25—28°*
Praf nisipos	*22—26°*
Praf argilos nisipos	*14—18°*
Praf argilos	*10—15°*

Creșterea unghiului de frecare, în funcție de creșterea conținutului de particule nisipoase (∅ 0,02 mm) este reprezentată în fig. VI.8. Rezultă că valorile unghiului de frecare depășesc 20° pentru un conținut mediu de nisip de 35% (praf nisipos).

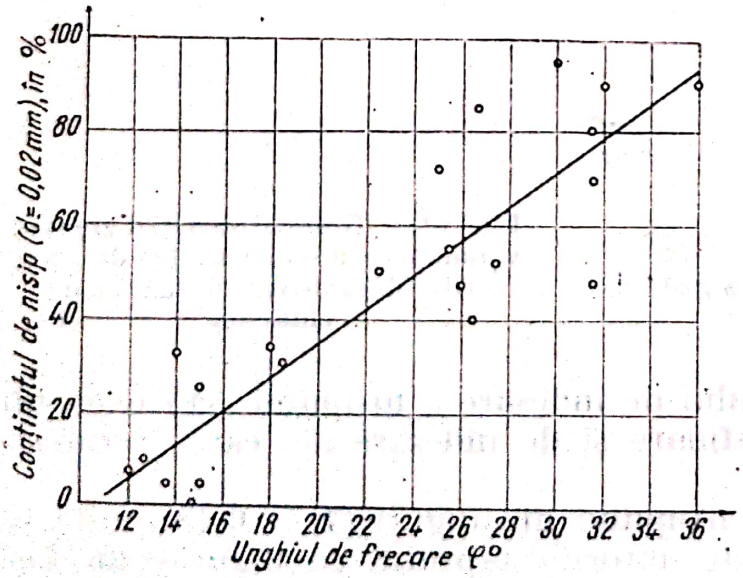


Fig. VI. 7. Graficul variației unghiului de frecare în funcție de conținutul de nisip al materialului.

Scanned with OKEN Scanner

Toate datele de mai înainte sînt bazate pe încercări de forfecare netulburate și neconsolidate. Efectul consolidării se manifestă printr-o creștere atît a unghiului de frecare, cît și a coeziunii, după cum rezultă din tabelul VI.2.

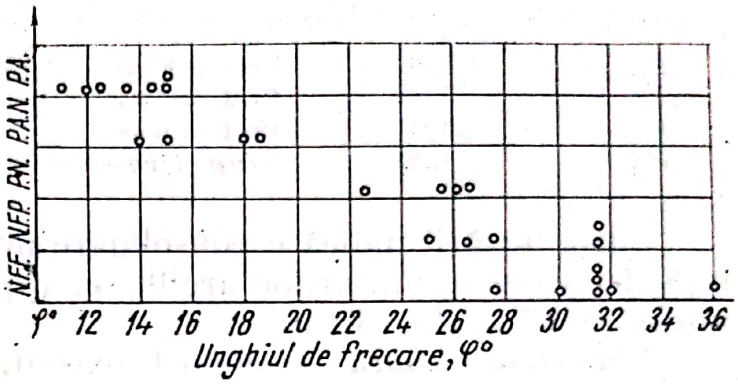


Fig. VI. 8. Graficul variației unghiului de frecare în funcție de natura sedimentului :

P.A. – praf argilos; *P.A.N.* – praf argilos nisipos; *P.N.* – praf nisipos; *N.F.P.* – nisip făinos prăfos; *N.F.F.* – nisip fin făinos.

Coeziunile sînt în general reduse, din cauza stării de neconsolidare a sedimentului. Valorile medii obținute sînt 0,10 kgf/cm² pentru prafuri nisipoase și 0,20—0,30 kgf/cm² pentru prafuri argiloase.

Tabelul VI.2. **Variația coeziunilor în raport cu consolidarea**

Proba neconsolidată 30 h		Proba consolidată 30 h	
φ°	*C* kgf/cm²	φ°	*C* kgf/cm²
18,30	0,20	19,30	0,30
15,00	0,20	16,00	0,30
12,30	0,15	15,00	0,20

4) *Compresibilitatea* : depunerile fiind de dată foarte recentă (circa 20 ani) nu s-au putut consolida decît într-o măsură redusă. Valorile modulilor de compresibilitate ($E = 13...56$ kgf/cm²) sînt extrem de mici.

În tabelul VI.3 sînt indicate tasările procentuale pentru diferite încărcări și categorii de sediment.

Din acest tabel se vede că tasările la încărcarea de 2,50 kgf/cm² ating cifre ridicate (8,2—18,7%) pentru prafurile argiloase, fiind mult mai reduse (1,9%) pentru nisipuri. Valorile tasărilor sînt mai mari pentru stratele superficiale, decît pentru stratele din adîncime care sînt mai consolidate.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VI.3. **Variaţia tasării în raport cu încărcarea şi cu natura sedimentelor**

Nr. forajului	Adîncimea de luare a probei	Natura sedimentului	Tasarea, în %, din grosimea stratului	
			1,0 kgf/cm²	2,5 kgf/cm²
F_{14}	2,30	Praf argilos	13,10	18,70
F_{15}	14,00	Praf argilos	6,00	10,80
F_{15}	16,00	Praf argilos	4,30	8,20
F_{10}	4,20	Nisip făinos-praf	1,05	1,90

Curba tasării indică o consolidare mult mai rapidă a nisipurilor faţă de aceea a prafurilor argiloase, raportul fiind de 30/1 pentru tasare de 65% (fig. VI.9).

5) *Permeabilitatea* : încercările executate în laboratorul I.C.F.E.—Cîmpina au arătat că nisipul fin făinos deşi permeabil se colmatează repede cu particule de praf, devenind permeabil (v. fig. VIII.8).

6) *Încercările de penetrare standard* : încercările efectuate în timpul executării forajelor au dat rezultate caracteristice unui teren neconsolidat (numărul de lovituri mai mic de 10).

e. **Concluzii asupra stării actuale a digurilor şi iazurilor deduse în urma cercetărilor făcute pe teren şi în laborator:**

1) *Diguri* : în starea actuală nu prezintă o siguranţă suficientă din punct de vedere al stabilităţii, în cazul unei supraînălţări a sedimentului din iazuri.

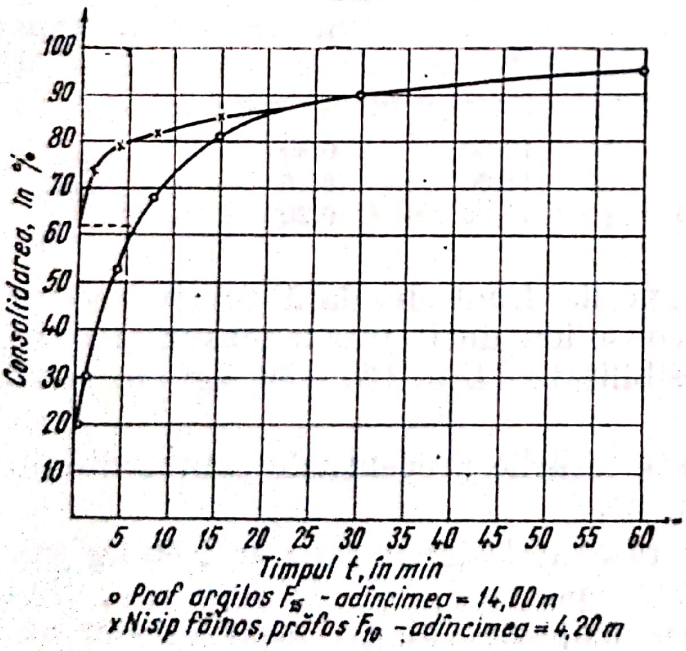


Fig. VI. 9. Graficul variaţiei consolidării în edometru, în funcţie de timp.

Taluzurile digurilor au pante prea mari 32 — 39° (1/1,6—1/1,2) care depăşesc unghiul de frecare interioară (30 — 32°) a nisipurilor fine, făinoase, din care sînt făcute. Stabilitatea lor actuală este asigurată de o foarte slabă coeziune datorită colmatării parţiale cu material fin a porilor şi coeziunii aparente dată de apele de infiltraţie.

Baza digurilor este formată spre interior din material poros ceea ce slăbeşte mult rezistenţa lor.

Digurile din capetele iazurilor sînt alcătuite în mare

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VI.4. **Buletin cuprinzînd rezultatele încercărilor executate în laboratorul I.P.C.S. asupra probelor de la Gura Barza**

Nr. probei	Cota probei m	Umiditatea U, %	Limitele Atterberg: Limita de curgere L_c, %	Limitele Atterberg: Limita de frămîntare L_f, %	Indicele de plasticitate I_p, %	Indicele de consolidare I_c	Greutatea volumetrică γ_a, g/cm³	Volumul porilor n, %	Indicele de porozitate ε	Gradul de saturație S	Unghiurile de frecare și coeziunea: φ_0	Unghiurile de frecare și coeziunea: C kgf/cm²	Curba de compri mare-tasare E, kgf/cm²
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Forajul I Dig												
1	2,00	—	—	—	—	—	1,60	47,0	0,89	0,39	—	—	—
2	4,00	—	—	—	—	—	1,62	45,0	0,82	0,36	32	0	—
3	6,60	26	34,0	20,0	14,0	0,57	1,99	43,0	0,76	1,00	27 (30)	0,05	—
4	8,00	32	37,0	21,0	16,0	0,29	1,99	42,0	0,73	1,00	31 (30)	0	—
5	10,00	—	—	—	—	—	1,74	46,5	0,87	0,67	31 (30)	0	—
6	16,00	33	54,0	21,5	32,5	0,65	2,02	43,0	0,76	1,00	26	0	—
	Forajul 15 Iaz												
1	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	6,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	14,00	38	75,5	26,0	45,5	0,76	1,85	50,0	1,00	1,00	11	0,25	32
8	16,00	38	74,0	25,0	45,0	0,74	1,82	51,0	1,02	1,00	12	0,25	42

Scanned with OKEN Scanner

parte din zgură colmatată, care are o rezistență la forfecare redusă. Din această cauză aceste diguri s-au rupt în trecut, astfel că a fost necesară construirea actualului iaz secundar.

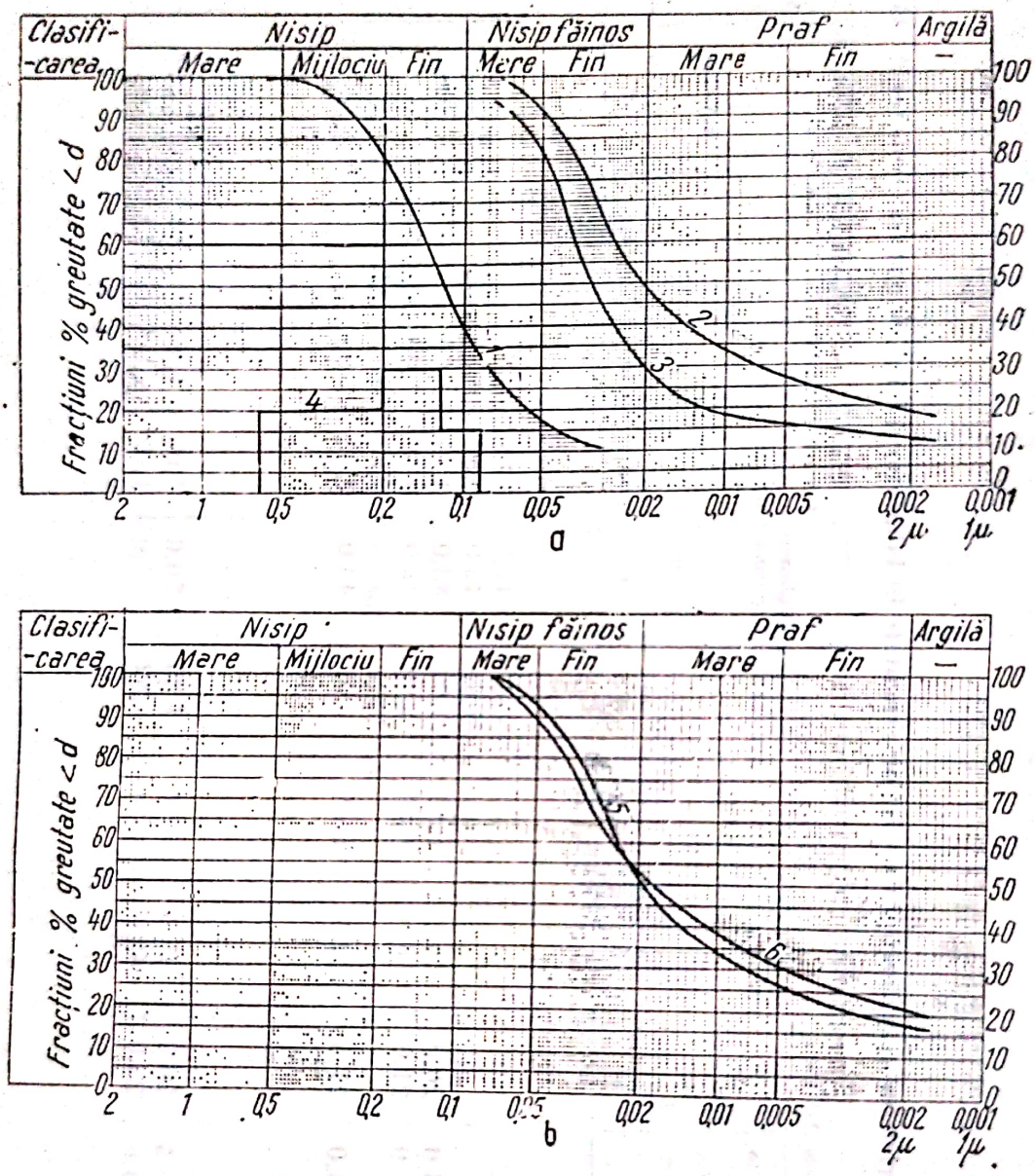


Fig. VI. 10. Diagramele curbelor granulometrice ale sedimentului din forajul F_1 executat în dig:

Diagrama a: *1* — probă de la 4,00 m; *2* — probă de la 6,60 m; *3* — probă de la 8,00 m; *4* — istograma probei de la 4,00 m

Diagrama b: *5* — probă de la 10,00 m; *6* — probă de la 16,00 m.

2) *Iazuri*: au sedimentul neconsolidat în adîncime, în special de-a lungul digurilor unde s-au întîlnit depuneri de praf argilos a cărui consolidare în timp este foarte lentă.

Scanned with OKEN Scanner

Rezistenţa la forfecare a prafului din iaz este redusă, totuşi împingerea nu poate fi asimilată cu aceea a unui lichid vîscos curgător.

Depunerea sterilului în iazuri s-a făcut cu totul neraţional şi neeconomic.

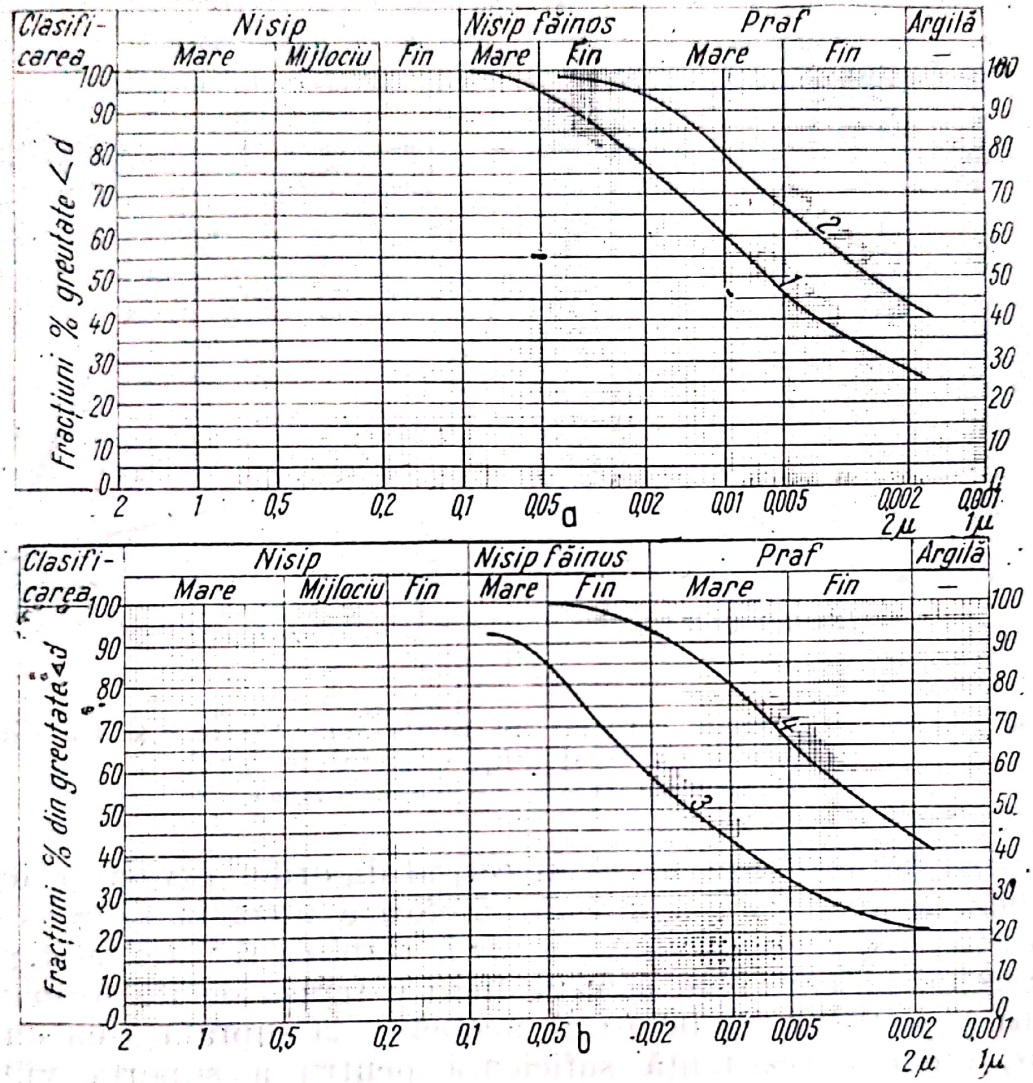


Fig. VI 11. Diagramele curbelor granulometrice ale sedimentului din forajul F_{15} executat în iaz:

Diagrama a: *1* — probă de la 2,00 m; *2* — probă de la 6,00 m
Diagrama b: *3* — probă de la 14,00 m; *4* — probă de la 16,00 m

Decantarea iniţială a tulburelii în bazinele de limpezire şi separarea nisipului care se transportă cu funicularul era pe de o parte complicată şi neeconomică, iar pe de altă parte a micşorat procentul de material nisipos din sedimentul depus în iaz reducîndu-i astfel rezistenţa la forfecare.

Scanned with OKEN Scanner

Aşezarea gurilor de aducere a şlamului (tulburelii îngroşate) în mijlocul iazurilor a făcut ca materialul mai nisipos să se depună în zona centrală, în timp ce materialul prăfos, care se consolidează mai greu şi are o rezistenţă la forfecare mai mică, s-a depus periferic de-a lungul digurilor care suportă astfel o împingere mai mare.

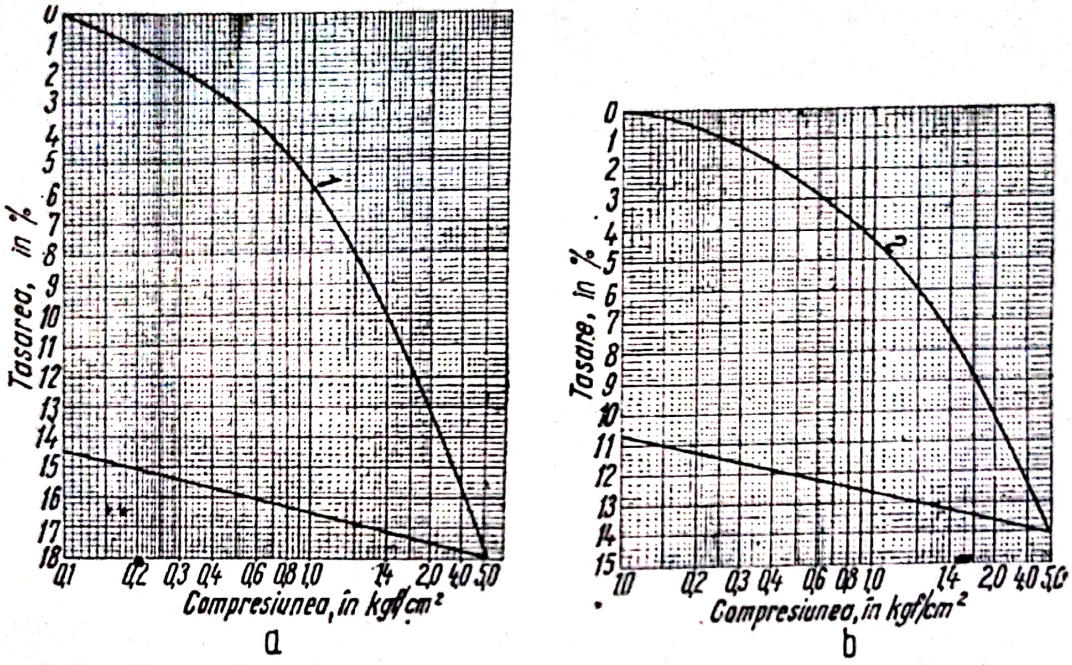


Fig. VI.12. Diagramele curbelor de compresiune-tasare *a* şi *b* a sedimentului din forajul F_{15} executat în iaz:
1 — probă de la 14,00 m; *2* — probă de la 16,00 m.

Încercarea de a adăuga zgură în corpul digurilor pentru a accelera consolidarea acestora s-a dovedit ineficace întrucît zgura s-a colmatat; în plus, prezenţa zgurii a dus la slăbirea rezistenţei digurilor.

Terenul pe care stau iazurile fiind o terasă de rîu formată din nisipuri şi pietrişuri cu bolovani, acoperite la suprafaţă cu un strat argilos, oferă o rezistenţă suficientă pentru a suporta viitoarea supraînălţare.

* * *

Cele mai reprezentative din rezultatele încercărilor executate în laboratorul de geotehnică I.P.C.S. asupra probelor de steril din iazurile vechi şi din instalaţia experimentală sînt redate în tabelul VI.4. Din lipsă de spaţiu sînt redate numai cele mai reprezentative curbe granulometrice şi de compresiune-tasare pentru forajele executate în diguri (fig. VI.10, *a*, *b*) şi pentru forajele executate în iazuri (fig. VI.11, *a*, *b* şi VI.12, *a*, *b*).

Scanned with OKEN Scanner

B. VERIFICAREA REZULTATELOR OBȚINUTE ÎN STAȚIA EXPERIMENTALĂ

Pentru a urmări modul de sedimentare a particulelor din apele reziduale cu suspensii minerale, în vederea înlocuirii vechiului mod de depunere a sterilului în iazuri, printr-un altul mai puțin costisitor, care să asigure în același timp o mai mare stabilitate a digurilor, s-a procedat la realizarea unei stații experimentale.

Descrierea instalației și încercările făcute au fost redate în cap. III. În continuare ele se trec în revistă.

Rezultate obținute cu privire la sterilul sedimentat în compartimentele stației experimentale: (v. planșele V.1 și V.2).

Analiza granulometrică a arătat că sterilul este un praf făinos.

În compartimentul *1* care are o lungime redusă, viteza apei fiind mare, s-au sedimentat numai particulele de nisip, suspensiile fine deversînd peste marginea din aval. Analiza granulometrică arată un sediment din nisip fin (în amonte) și făinos (în aval) avînd unghiul de frecare de 31°30′ respectiv 27°30′.

În compartimentul *2*, depunerea materialului pe plaja deschisă a fost mai intensă decît depunerea subacvatică.

În compartimentul *3*, care are o lungime mare, viteza apei fiind redusă, întregul material în suspensie s-a depus, apa limpezindu-se. Analiza granulometrică arată un sediment din nisip fin (în amonte), nisip făinos (la mijloc) și praf argilos (în aval). Unghiurile de frecare pentru primele două probe sînt de 30°, respectiv 26°30′.

În tabelul VI.5 și figurile VI.13 și VI.14 sînt date **rezultatele analizelor de laborator obținute pe probele tulburate luate din compartimentul stației experimentale:**

1) *Sedimentarea materialului aflat în suspensie.* Se face în ordinea mărimii particulelor, nisipul depunîndu-se aproape de gura conductelor deversoare sau a jgheabului de repartiție, iar praful la o oarecare distanță.

Tabelul VI.5. **Rezultatele încercărilor asupra sedimentului din compartimentele *1* și *3* ale stației experimentale**

Compartimentul	Proba	Denumirea materialului	Granulometria, %			Unghiul de frecare φ_0
			Nisip	Praf	Argilă	
1	Amonte	Nisip fin făinos	100	—	—	31,30
	Aval	Nisip făinos fin	100	—	—	27,30
3	Amonte	Nisip fin făinos	95	5	—	30,00
	Mijloc	Nisip făinos	85	15	—	26,30
	Aval	Praf argilos	—	52	48	—

Scanned with OKEN Scanner

2) *Variind viteza suspensiei și lungimea traseului.* Se poate obține, fie numai sedimentarea nisipului (viteză mare și traseu scurt) fie sedimentarea întregului material din suspensie (viteză mică și traseu lung).

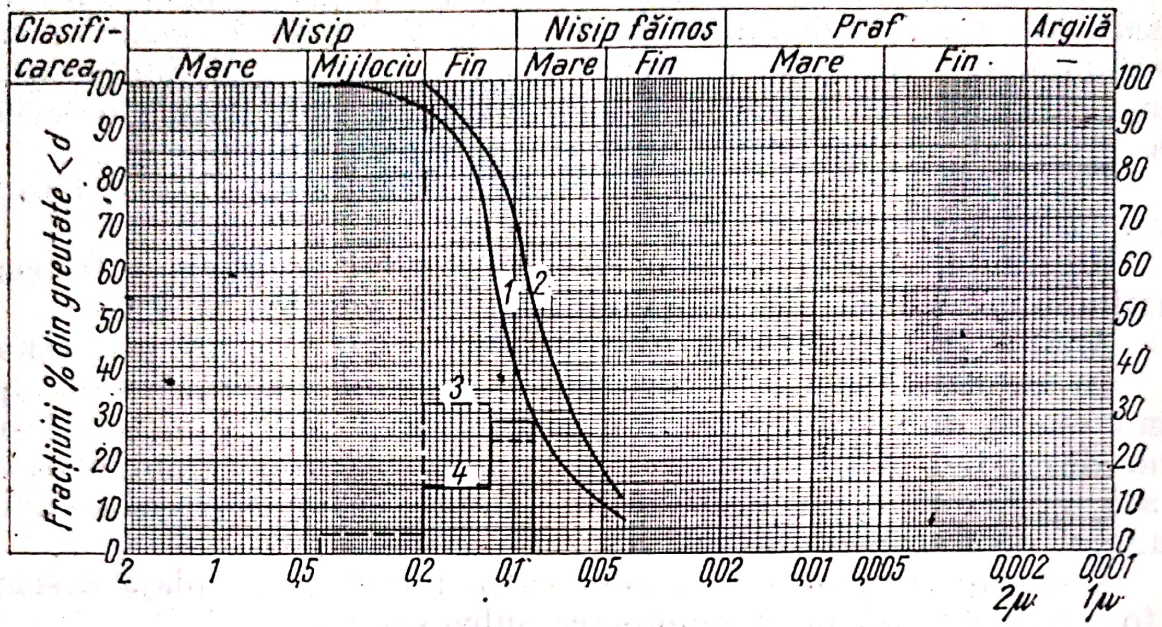


Fig. VI. 13. Diagramele curbelor granulometrice ale sedimentului din compartimentul *1* al stației experimentale:

1 — proba din amonte; *2* — proba din aval; *3* — istograma probei; *1, 4* — istograma probei *2*.

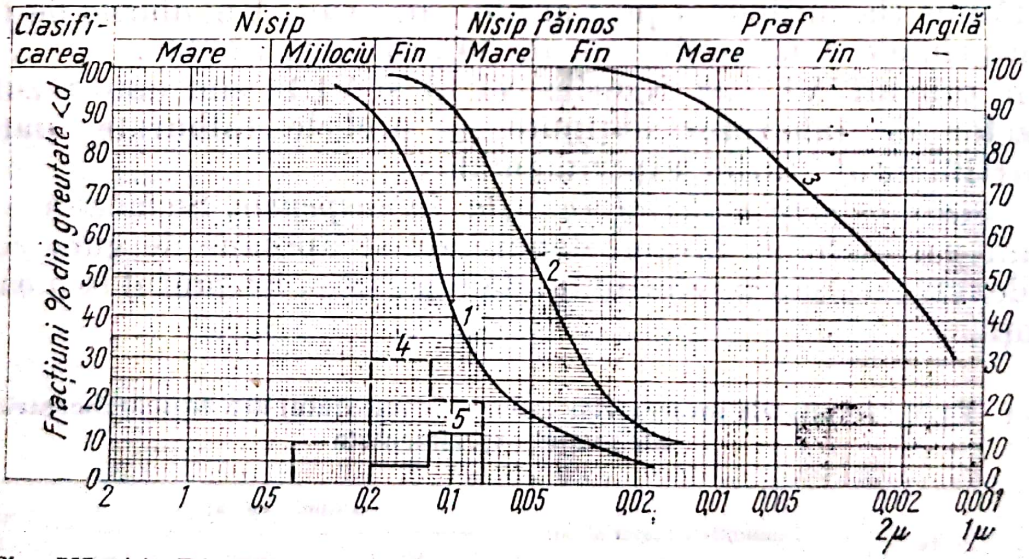


Fig. VI. 14. Diagramele curbelor gramulometrice ale sedimentelor din compartimentul *3* al stației experimentale:

1 — probă din amonte; *2* — probă de la mijloc; *3* — probă din aval; *4* — istograma probei; *1, 5* — istograma probei *2*.

3) *S-a constatat că deși nisipul este permeabil, totuși golurile se colmatează, datorită substanțelor coloidale aflate în suspensie.* În acest

Scanned with OKEN Scanner

fel se realizează un dig etanş şi apa se poate acumula pe suprafaţa depozitului.

4) *Aluvionarea plajei.* Folosind aluvionarea plajei pe 1/4—1/2 din lungimea compartimentului *2* de 9,00 × 11,00 m, analog fazei refluxului pe o plajă marină, s-a obţinut depunerea sedimentului fără o protecţie specială (dig primar) în amontele compartimentului, deoarece tulbureala curge înspre aval pe o pantă de 6—8 ‰.

S-a constatat că panta sedimentului este în general sub 10 ‰. În legătură cu aceasta se menţionează că suprafaţa sedimentului din iazurile vechi de la Gura Barza are o pantă de 6 ‰, constatată prin măsurători topografice.

Înălţarea sedimentului prin aluvionarea plajei, după principiul stratificaţiei încrucişată în solzi, constituie un mijloc foarte eficace pentru realizarea unui dig care să aibă în partea exterioară un taluz mai mic decît unghiul de frecare (27°), iar în partea interioară o pantă de scurgere sub 10 ‰. Digul de centură obţinut are o textură compactă, fiind stabil şi impermeabil.

Omologarea eficienţei de limpezire a staţiei experimentale s-a făcut la Brad, în aprilie 1952, de către o comisie interdepartamentală care a procedat la efectuarea unei serii de încercări. Astfel, în compartimentul *3* cu dimensiunile de 90,00 × 11,00 m s-a introdus pe jgheaburi tulbureală cu un debit de 500 l/min, salteaua de apă deasupra stratului de mîl neconsolidat fiind de 40 cm, iar adîncimea totală a compartimentului de 70 cm. Lungimea plajei obţinută în decurs de 3 zile prin sedimentaţia sterilului a fost de circa 15,00 m. Lăsată în repaus 24 h plaja a reprezentat suficientă consistenţă pentru a fi parcursă cu piciorul.

În aceste condiţii s-au luat probe de la roata elevatoare, de la intrarea şi ieşirea din staţia experimentală şi din rîul Crişul Alb.

Analiza probelor a arătat că s-a obţinut o limpezire a apei de la 25,307 g/l, la intrarea în staţia experimentală pînă la 0,023 g/l la ieşire (tabelul VI.6).

Tabelul VI.6. **Analiza probelor pentru omologarea eficienţei de limpezire a staţiei experimentale**

	Suspensii g/l	pH
Roata elevatoare a uzinei	23,122	6,3
Tulbureală la alimentarea instalaţiei	23,317	6,0
Apă din Crişul Alb	0,046	6,5
Ieşirea din staţia experimentală (ora 14)	0,023	6,5
Ieşirea din staţia experimentală (ora 16)	0,026	6,5

C. CONCLUZII GENERALE

Cercetările geotehnice făcute pe teren și în laborator, atît asupra iazurilor existente, cît și asupra stației experimentale duc la o serie de concluzii care se expun în continuare.

1. Concluzii asupra iazurilor vechi

Pentru asigurarea stabilității, în vederea continuării depunerii de steril, sînt necesare măsuri de consolidare a digurilor existente, și a sedimentului din iazuri.

a. **Panta taluzurilor digurilor.** Pentru ca înălțimea sedimentului să poată fi mărită pînă la circa 20 m fără pericol de alunecări, panta taluzurilor trebuie redusă în funcție de unghiul de frecare al nisipului din care sînt realizate digurile.

Încercările de laborator au arătat că nisipurile din diguri au unghiuri de frecare variind între 26—32°, o coeziune foarte redusă (0,50 kgf/cm²), datorită colmatării cu praf și greutății volumetrice medie de 1,70 t/m³.

Așa cum s-a arătat în cap. II, B, unghiul taluzului stabil este dat de relația:

$$\operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg}\varphi + \frac{C}{h\gamma},$$

în care: ψ este unghiul taluzului digului;
φ — unghiul de frecare al materialului;
C — coeziunea materialului, în kgf/cm²;
γ — greutatea volumetrică a materialului, în t/m³;
h — înălțimea digului, în m.

Pentru valorile de mai înainte luate acoperitor rezultă relația:

$$\operatorname{tg}\psi + \operatorname{tg} 26° + \frac{0{,}50}{1{,}7 \times 20} = 0{,}49 + 0{,}015 = 0{,}505\,;\ \psi = 27°,$$

care arată că în lipsa coeziunii unghiul taluzului stabil este egal cu unghiul de frecare al materialului din care este realizat digul.

Pentru digurile laterale, în punctele în care înălțimea finală față de terenul natural urmează să atingă 20 m, rezultă o bază de circa 39 m. Actualele diguri avînd o bază de circa 22 m, consolidarea trebuie începută de la o distanță de circa 17 m de actualul picior al taluzului (v. fig. VIII.2).

Scanned with OKEN Scanner

Digul din capătul iazului principal fiind mult mai slab decît digurile laterale şi avînd de suportat o împingere mai mare, este indicat să fie consolidat prin adoptarea unui taluz mai dulce, de circa 20° (1/2,5—1/3). Baza taluzului va fi în acest caz de circa 41,50 m, consolidarea urmînd să înceapă de la o distanţă de 30 m de actualul picior al taluzului (fig. VI.15). Dată fiind lungimea pantei, este indicat ca taluzul să nu fie continuu, ci cu una sau două trepte.

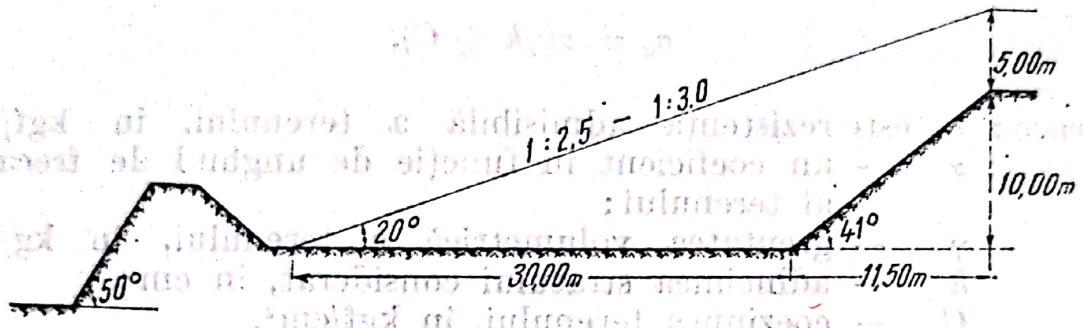


Fig. VI. 15. Secţiune $b—b'$ prin digul din capătul iazului (v. fig. III. 1).

Datele de mai înainte urmează să fie adaptate constructiv pentru diferitele tipuri de secţiuni prin diguri.

b. **Modul de consolidare.** Depunerea nisipului pentru consolidarea digurilor se poate face prin sedimentarea materialului din apa reziduală.

Procedeul *„depunerii subacvatice dirijată"* prezintă mari avantaje economice (transport uşor, manoperă redusă etc.), iar din punct de vedere al rezultatelor a fost verificat în staţia experimentală. Sedimentarea va trebui însă să fie făcută în condiţiile realizate în compartimentul *1*, stabilindu-se un regim de curgere care să nu permită depunerea particulelor prăfoase (sub 0,02 mm). În acest

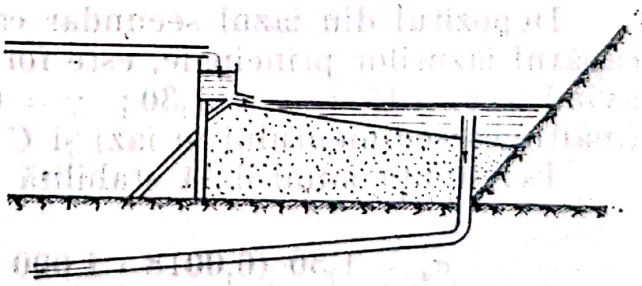


Fig. VI. 16. Schema metodei de consolidare a digului existent prin depunere subacvatică.

scop, după depunerea nisipului, suspensia prăfoasă urmează să fie evacuată prin preaplinuri (fig. VI.16). În cazul în care praful ar fi lăsat să se depună, s-ar crea de-a lungul actualului taluz o zonă de slabă rezistenţă care ar putea duce la alunecarea malurilor.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru ca legătura între nisipul de consolidare sedimentat şi nisipul din digurile existente să se facă cît mai bine, este indicat ca taluzul actual să fie sacrificat.

c. **Stabilitatea terenului de bază.** Terenul pe care sînt aşezate iazurile este format din nisipuri şi pietrişuri argiloase care constituie terasa rîului.

Rezistenţa admisibilă a acestui teren este dată de relaţia lui Frölich :

$$\sigma_a = \alpha(\gamma h + C),$$

în care : σ_a este rezistenţa admisibilă a terenului, în kgf/cm²;
α — un coeficient în funcţie de unghiul de frecare φ al terenului;
γ — greutatea volumetrică a terenului, în kg/cm³;
h — adîncimea stratului considerat, în cm;
C — coeziunea terenului, în kgf/cm².

Pentru datele cazului studiat : $\varphi = 25°$; $\alpha = 3{,}10$; $\gamma = 0{,}002$ kg/cm³; $h = 1\,500$ cm (înălţimea sedimentului în iaz); $C = 0$ kgf/cm², rezultă :

$$\sigma_a = 3{,}10 \cdot 0{,}002 \cdot 1\,500 = 9{,}30 \text{ kgf/cm}^2.$$

La un iaz cu înălţimea de depozitare de 20 m corespunde o încărcare :

$$p = \gamma h = 0{,}0018 \cdot 2\,000 = 3{,}60 \text{ kgf/cm}^2,$$

deci, rezistenţa admisibilă a terenului depăşeşte cu mult încărcarea efectivă care se va realiza.

Depozitul din iazul secundar care suportă rambleul digului din capătul iazurilor principale, este format dintr-un praf argilos nisipos avînd : $\varphi = 15°$; $\alpha = 1{,}30$; $\gamma = 0{,}0018$ kg/cm³; $h = 1\,000$ cm (înălţimea sedimentului în iaz) şi $C = 0{,}20$ kgf/cm².

Rezistenţa admisibilă stabilită cu relaţia de mai înainte este :

$$\sigma_a = 1{,}30\ (0{,}0018 \cdot 1\,000 + 0{,}2) = 2{,}60 \text{ kgf/cm}^2.$$

Din greutatea rambleului în punctul cel mai încărcat rezultă o încărcare :

$$p = \gamma h = 0{,}0018 \cdot 1\,000 = 1{,}80 \text{ kgf/cm}^2;$$

Scanned with OKEN Scanner

deci, rezistența admisibilă a terenului fiind mai mare decît încărcarea efectivă produsă de greutatea rambleului, nu există pericolul de refulare a terenului de bază.

d. **Consolidarea depozitului din iazuri.** Consolidarea sedimentului prăfos din iazuri are scopul de a-i mări rezistența la forfecare și deci de a reduce împingerea asupra digurilor și de a cîștiga o înălțime de depunere prin tasarea stratelor din adîncime.

Consolidarea fiind o consecință directă a eliminării apei din porii terenului, sub presiunea stratelor superioare, procesul acesta este mult întîrziat, în cazul iazurilor, de natura argiloasă și de grosimea mare a sedimentului prăfos. Lucrul acesta este valabil în special pentru zona din vecinătatea digurilor unde forajele executate au arătat existența unui praf argilos de consistență foarte redusă.

Pe baza curbelor de tasare în timp, obținute în laborator, se poate evalua perioada necesară consolidării unui strat de o anumită grosime sub o presiune dată (cunoscînd că timpul de consolidare este proporțional cu pătratul grosimii stratului), după expresia :

$$\frac{t}{T} = \left(\frac{h}{H}\right)^2 ,$$

în care : t este timpul de consolidare în edometru, în min ;
T — timpul de consolidare în strat, în ani ;
h — grosimea probei din edometru, în m ;
H — grosimea stratului, în m.

În tabelul VI.7 se dau rezultatele evaluării timpului de consolidare pentru o probă luată din forajul F_{15} de la 14,00 m adîncime.

Tabelul VI.7. **Timpul de consolidare și tasare a sedimentului din iazurile vechi sub greutatea proprie**

Presiunea medie kgf/cm²	h m	t min	H m	T ani	Tasarea	
					%	m
1,0	0,02	60	16,00	65	6,5	1,00

Rezultă că este necesar un timp de circa 65 ani pentru consolidarea stratului de praf argilos sub greutatea proprie.

La sfîrșitul consolidării, tasarea totală va fi de circa 1,00 m.

O consolidare mai rapidă nu este posibilă decît dacă se accelerează eliminarea apei din porii sedimentului prin procedee artificiale.

Scanned with OKEN Scanner

Un procedeu care dă rezultate deosebit de bune în astfel de terenuri este electroosmoza [1]. Acest procedeu fiind însă relativ scump, se recomandă utilizarea drenurilor verticale de nisip, care nu necesită investiţii mari şi dau rezultate bune. Pentru accelerarea consolidării, se realizează drenuri verticale cilindrice prin forare în stratul neconsolidat. Găurile de foraj sînt umplute apoi cu un strat drenant (nisip sau pietriş). Filtrele colectează apa eliminată din porii sedimentului şi o evacuează fie într-un strat drenant de bază, dacă există, fie prin pompare din stratul drenant de suprafaţă care leagă între ele diferitele drenuri (fig. VI.17).

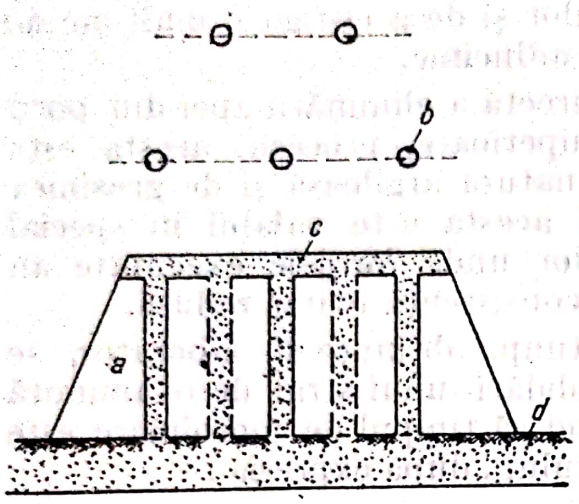


Fig. VI. 17. Consolidarea sedimentului din iazurile vechi prin drenuri verticale: *a* — mil neconsolidat; *b* — dren cu nisip; *c* — nisip; *d* — teren natural.

O apreciere a timpului de consolidare făcută pentru drenuri cu diametrul de 0,30 m (F_{15}) aşezate la diferite distanţe a dat rezultatele reproduse în tabelul VI.8.

Rezultă că timpul de consolidare se reduce de la 65 la 1—4 ani, în funcţie de distanţa dintre drenuri.

Procedeul cu drenuri verticale se recomandă în special pentru zona situată de-a lungul digurilor, atît pentru consolidarea şi mărirea

Tabelul VI.8. **Timpul de consolidare şi tasare a sedimentului din iazurile vechi, cu ajutorul drenurilor**

Distanţa dintre filtre m	Timpul de consolidare, ani		Tasarea m
	Fără filtre	Cu filtre	
3,00	65	1	1,00
5,00	65	2	1,00
10,00	65	4	1,00

rezistenţei la forfecare a sedimentului din iazuri, cît şi pentru realizarea unei tasări prin care se cîştigă volum util în vederea noilor depuneri de steril.

[1] Transportul unui lichid printr-o membrană poroasă, sub influenţa unei diferenţe de potenţial electric între cele două părţi ale membranei.

Scanned with OKEN Scanner

2. Concluzii asupra noilor iazuri

Deoarece spaţiul din jurul iazurilor vechi ale instalaţiilor existente nu permite extinderea acestora, este necesar, în general, să se amenajeze un nou spaţiu de depunere care să satisfacă nevoile exploatării pentru o perioadă de cîteva zeci de ani. Iazurile vechi urmează să fie utilizate numai în anii de secetă cînd apa limpezită trebuie să fie recircuitată în uzina de preparare.

Depozitarea sterilului evacuat din uzină trebuie să se facă hidromecanizat, iar sedimentaţia trebuie să fie dirijată potrivit condiţiilor din compartimentul *3* al staţiei experimentale.

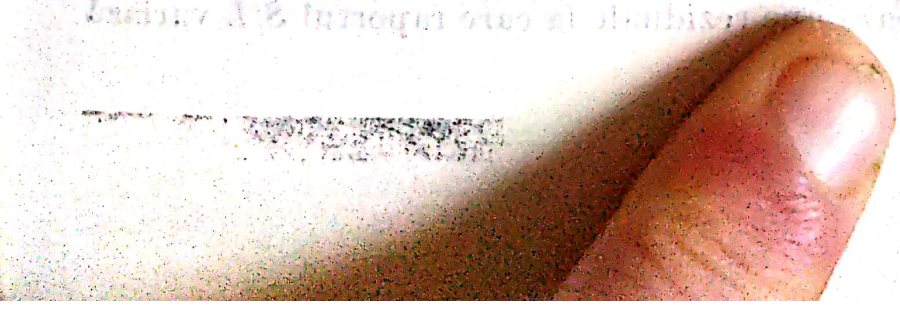
Nisipul se va depune către exteriorul iazurilor, pe o distanţă de cîteva zeci de metri, iar praful se va sedimenta către centru.

Prin sedimentare se formează un taluz exterior cu panta de circa 25° (panta 1/2) înălţimea iazurilor nefiind limitată în acest caz decît de reducerea suprafeţei de depunere.

Pentru ca în centrul iazului să nu se formeze un sîmbure neconsolidat, este necesar să se alterneze depunerea prafului cu depuneri de nisip, grăbindu-se astfel consolidarea prin aplicarea principiului stratificaţiei încrucişate, care se realizează prin dirijarea tulburelii la centrul iazului prin jgheab sau furtun.

Exemplul iazurilor vechi (care au stabilitatea periclitată, necesitînd consolidarea digurilor şi un timp de consolidare a sedimentului de circa 65 ani, sau un complex de drenuri verticale) învederează lipsa de eficacitate a vechii metode şi superioritatea procedeului „*depunere subacvatică dirijată*", cu realizarea stratificaţiei încrucişate, care asigură o stabilitate maximă noilor iazuri în condiţii economice avantajoase dînd în acelaşi timp şi posibilitatea recuperării apei în anii de secetă.

În măsura în care este posibil, în condiţii asemănătoare, este recomandabil ca procedeul să fie utilizat şi la alte exploatări din ţară.



capitolul

VII

PROVENIENȚA ȘI CARACTERISTICILE APELOR REZIDUALE CU SUSPENSII MINERALE

Procedeul „*depunere subacvatică dirijată*" poate fi aplicat în toate sectoarele industriale din a căror activitate rezultă ape reziduale cu suspensii minerale.

A. PROVENIENȚA APELOR REZIDUALE ȘI NATURA SUSPENSIILOR MINERALE

Apele reziduale cu suspensii minerale provin de la industriile : minieră, a materialelor de construcții, metalurgică, ceramică, chimică etc.

În industria minieră rezultă astfel de ape de la prepararea mecanică a minereurilor (complexe cuprifere, auroargentifere, de fier și mangan, de grafit, de barită etc.), de la spălarea cărbunilor și de la executarea lucrărilor de descopertă prin hidromecanizare.

În industria materialelor de construcții rezultă astfel de ape de la exploatarea nisipurilor, pietrișurilor și argilei prin hidromecanizare.

În industria metalurgică se citează apele utilizate pentru spălarea gazelor, în industria ceramică cele de la spălarea cuarțului etc.

În continuare se face o succintă prezentare a caracteristicilor și parametrilor principali ai acestor ape.

1. Ape reziduale cu suspensii minerale prevenite de la industria minieră

Instalațiile de preparare a minereurilor (flotațiile, șteampurile, spălătoriile etc.) evacuează ape reziduale la care raportul S/L variază de la 1/3 pînă la 1/20.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru studii sau proiecte preliminare se pot lua următoarele debite medii :

De la o flotaţie	de 250 t minereu/zi rezultă 1 000 m³ ape reziduale
De la o cianuraţie	de 250 t minereu/zi rezultă 2 000 m³ ape reziduale
De la o spălătorie	de 250 t cărbuni/zi rezultă 2 500 m³ ape reziduale
De la o uzină de ştampare	de 250 t minereu/zi rezultă 4 500 m³ ape reziduale

În afară de suspensiile minerale, apele evacuate mai conţin şi fracţiuni de reactivi care au fost folosiţi în procesul tehnologic al preparării, din care cei mai uzitaţi sînt : varul tehnic, cianura de sodiu, sulfatul de zinc, sulfatul de cupru, acidul sulfuric, carbonatul de sodiu, xantatul de sodiu, flotanolul, alcoolul, phosokresolul, uleiul de pin, silicatul de sodiu etc. Aceşti reactivi sînt absorbiţi aproape în întregime de substanţele minerale utile în procesul de preparare şi sînt evacuaţi împreună cu concentratele ; numai cantităţi minuscule de reactivi rămîn în apele reziduale, asociate cu sterilul de care aderă sub forma de film.

Prin sedimentaţia sterilului, aceste cantităţi reduse de reactivi sînt reţinute în sediment în asociere cu sterilul, astfel că apa limpezită prin decantare nu mai conţine de loc anumiţi reactivi, iar din alţi reactivi conţine doar urme sau cantităţi infime, care prin diluare în apa rîului devin inofensivi.

În ceea ce priveşte cianura, analizele făcute de ICECHIM arată că aceasta dispare după ce a parcurs în apă cîteva sute de metri, fapt confirmat şi de literatură [71].

2. Ape reziduale cu suspensii minerale provenite de la alte industrii

De la prepararea sulfului, talcului, caolinului, de la spălarea nisipurilor şi a humei, rezultă ape cu caracteristici similare celor din sectorul minier.

Din epurarea umedă a gazelor de la furnale rezultă de asemenea ape cu suspensii minerale. Din procesul tehnologic de elaborare a fontei în furnalele înalte, rezultă circa 4 000 m³ gaz de furnal la o tonă de fontă. Un metru cub de gaz conţine circa 20 g de praf de minereu. Condiţiile de folosire a gazului impun epurarea lui pînă la 0,015 g/m³. Această operaţie se face în trepte, prin epurare uscată

Scanned with OKEN Scanner

(în saci și cicloane) și prin epurare umedă (în scrubere și dezintegratoare) sau în filtre electrostatice. După epurarea uscată, gazul care mai conține praf în cantitate de circa 5 g/m³ și are temperatura de 300°C este trecut prin scrubere (antespălătoare) și apoi, pentru epurarea fină dezintegratoare de tip Theiser. În dezintegratoare apa și gazul, aspirate prin centru, sînt proiectate spre periferie de forța centrifugă rezultînd astfel răcirea și spălarea gazelor care trec apoi în separatoarele de apă. Epurarea ajunge la 0,015 g/m³ și gazele sînt readuse în procesul tehnologic. Apa de la scrubere și dezintegratoare este de fapt o tulbureală care trebuie limpezită. Această apă reziduală a fost studiată după aceeași metodologie ca și apele de la prepararea minereurilor.

Tabelul VII.1. **Analiza**

Proveniența sterilului		%							
Locul	Categoria	MgO	Mn	Al_2O_3	S	SiO_2	As	Fe	CaO
1	2	5	6	7	8	9	10	11	12
Băița — Baia Mare	Complex	0,30	0,100	—	5,60	76,40	0,070	3,50	1,00
Nistru—Baia Mare	Complex	0,12	0,170	5,39	3,50	76,40	0,009	8,79	0,65
Băița —Crăciunești	Aurifer	0,12	0,340	5,80	2,04	84,79	—	2,94	0,44
Baia de Arieș	Complex	—	3,060	5,30	2,60	30,07	—	4,80	27,63
Bălan	Cupru	0,10	0,028	4,32	1,08	90,44	—	2,12	0,39
Herja	Complex	0,64	0,820	7,60	2,59	68,56	0,016	6,59	1,82
Baia Sprie	Complex	—	—	—	3,68	—	—	—	—
Cavnic	Complex	—	—	—	2,86	—	—	—	—
Ruşchița	Complex	1,07	0,300	5,48	0,62	65,32	0,100	3,20	12,66
Deva	Cupru	—	—	2,89	0,28	80,70	—	8,48	1,02
Gura Barza	Auroargentifer	0,29	0,560	9,59	4,65	75,78	0,130	4,32	1,87
Săvîrșin	Complex	Urme	0,020	10,89	7,66	62,60	Urme	10,95	1,37
Săsar	1)	—	—	5,70	3,90	77,30	—	3,31	—
Altîn Tepe	Cupru	—	—	—	2,64	21,44	—	32,91	—
Bucium	Complex	0,10	0,028	4,32	1,08	90,44	—	2,12	0,39
Hunedoara	Fier—spălalarea gazelor de la furnale	—	—	52—53	1,00	5—15	—	28—32	—
Pucioasa	Sulf	—	—	—	0,80	9,70	—	—	—
Lupeni	Spălarea cărbunelui	0,94	0,460	16,73	1,13	29,81	—	3,42	2,74
Paroșeni	Cenușă	2,40	—	27,87	0,20	—	—	Fe_2O	2,85
		—	—	—	SO_3	—	—	2,30	—
		—	—	—	0,22	—	—	—	—

Scanned with OKEN Scanner

B. DETERMINĂRILE PARAMETRILOR PRINCIPALI AI APELOR REZIDUALE CU SUSPENSII MINERALE

1. Caracteristicile diferitelor categorii de steril

Pentru a economisi spaţiul grafic, s-a recurs la prezentarea tabelară a caracteristicilor diferitelor suspensii solide din toată gama de ape reziduale. Astfel, în tabelele VII. 1...VII. 4 (v. p. 234, 235, 236, 238, 239 şi 240) se găsesc analizele chimico-mineralogice ale sterilelor, granulometria, determinările cu privire la colmatare şi determinările cu privire la unghiul taluzului natural. Pentru aceleaşi considerente, datele referitoare la sedimentare sînt prezentate grafic prin curbe de decantare.

chimică a sterilelor

%											Observaţii
Cu	Pb	Zn	Bi	Cd	Sb	Mo					
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	34
0,100	0,10	0,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,150	0,07	0,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,083	0,23	0,65	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,310	0,32	0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,210	0,25	0,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,040	0,21	0,39	—	—	0,012	—	—	—	—	—	—
0,050	0,14	0,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,035	0,10	0,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,060	0,22	0,58	—	Urme	—	—	—	—	—	—	—
0,160	Urme	Urme	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,340	0,17	0,85	—	—	0,200	—	—	—	—	—	—
0,080	Urme	0,27	—	—	—	0,28	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1) De la filtrul cianuraţiei
0,270	—	0,18	—	—	—	—	26,37				—
0,110	0,25	0,50	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,50—3,50 kg/dm³
—	—	—	—	—	—	—	—	69,10	10,20	10,10	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Fe_2O_3 10,26	1,35 (cărbune); 1,16 Na_2O
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VII.2. **Granulometria sterilelor**

Proveniența sterilului		% material corespunzător sitei/mărimea granulelor					*) Ochiuri/tol mărimea granulelor, mm
Locul	Categoria	30—60 *) 0,50—0,25	60—100 0,25—0,15	100—150 0,10—0,10	150—200 0,10- 0,075	200 0,075	
Baia de Fier	Grafit	0,20	1,40	4,00	17,80	76,60	
Săsar	Auroargentifer [1]	2,00	7,90	11,70	11,05	55,80	1) De la cianurație
Săvîrșin	Complex	—	—	5,00	10,00	85,00	
Baia de Arieș	Complex	4,17	29,20	17,10	4,32	45,21	
Băița Crăciunești	Complex	—	4,94	8,86	6,28	79,92	
Deva	Cupru	—	0,31	8,00	2,87	88,82	
Rușchița	Complex	0,60	10,30	11,40	6,30	71,40	
Herja	Complex	5,00	15,00	18,00	18,00	44,00	
Bălan	Cupru	—	5,97	8,96	6,48	78,59	
Nistru—Baia Mare	Complex	3,20	15,90	9,50	16,10	55,30	
Băița —Baia Mare	Complex	2,70	14,60	10,60	18,10	54,00	
Baia Sprie	Complex	8,50	11,70	—	20,3[1]	60,50	1) +200
Bucium	Complex	—	5,97	8,96	6,48	78,59	
Baia de Arieș	Auroargentifer	8,20	15,20	14,40	6,20	62,00	
Pucioasa	Sulf	—	—	7,00	8,50	84,50	
Hunedoara	Fier—spălarea gazelor de la furnale	5,00	17,00[1]	—	45,00[2]	33,00[3]	1) 0,100—0,200 mm 2) 0,002—0,100 mm 3) 0,002 mm
Lupeni	Spălarea cărbunelui	18,00	12,00	3,60	18,40	48,00	

2. Încercări de decantare

În unele cazuri, încercările de limpezire se fac la diferite diluții și cu diferite adaosuri de electroliți. În continuare se dau cîteva exemple.

a. **Sterilul de grafit de la Baia de Fier.** Pentru stabilirea vitezei de limpezire s-au făcut o serie de încercări de sedimentare cu tulbureală de la flotație.

Granulele sterilului au fost trecute prin sita 100 adică au dimensiuni sub 0,15 mm, iar operația s-a executat într-un cilindru gradat cu diametrul de 60 mm și cu înălțimea de 400 mm.

Încercările s-au făcut la mai multe diluții între 1/12,76 și 1/2,23 iar curbele de limpezire obținute sînt date în fig. VII.1.

Scanned with OKEN Scanner

Viteza de limpezire poate fi mărită prin adăugarea de electroliţi. Rezultate bune se obţine folosind varul. Pentru stabilirea cantităţii optime s-au făcut încercări de limpezire cu adaosuri diferite de var (0,1—0,5 g/1) păstrîndu-se mereu aceeaşi diluare a tulburelii (1/12,76).

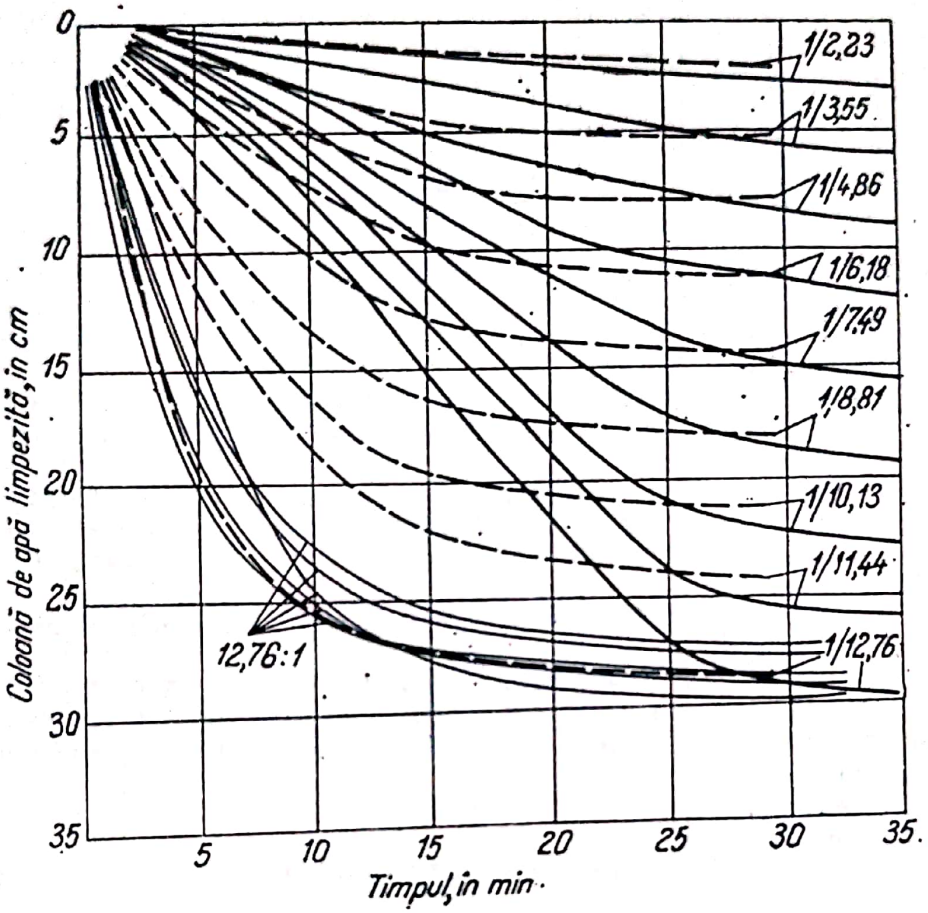


Fig. VII. 1. Graficul curbelor de sedimentare ale apei reziduale cu steril de grafit (Baia de Fier) la diferite diluaţii (linie plină grosă) curba de sedimentare a apei reziduale cu steril de grafit în diferite diluţii cu 0,3 g/l var linie punctată); curba de sedimentare a apei reziduale cu steril de grafit la diferite diluţii cu adaosuri de var de 0,1—0,5 g/l (linie subţire).

După cum se poate constata din curbele trasate, rezultatele cele mai bune s-au obţinut cu un adaos de var de 0,3 g/1.

Odată stabilită cantitatea optimă de var, s-au făcut încercări de limpezire, adăugîndu-se var (0,3 g/1) în tulbureli de diluţii diferite între 1/12,76—1/2,23 (v. fig. V.1). Îngroşarea maximă care s-a putut realiza a fost de 1/1,05 în cazul limpezirii fără nici un fel de adaos şi d 1/1,3 în cazul în care s-a adăugat 0,3 g devar la litrul de tulbureală.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VII.3. **Date de densitate, viscozitate, gelaţie, colmatare, centrifugare, obţinute**

Proveniența sterilului		Densitatea tulburelii la +25°C	pH	Viscozitatea		Gelația		Colmatarea (filtrarea I			
Locul	Natura minereului			Marsh s	Stormer cP	0′ g	10′ g	Din cm³	Filtrat cm³	Timp	Grosimea turtei mm
Baia de Arieș	Complex	1,290	6,7	33,0	5,8	0	1,5	—	450	8′00″	9,0
Herja	Complex	1,180	5,8	32,0	4,8	0	1,0	—	480	9′41″	22,0
Baia Sprie	Complex	1,073	5,9	31,0	4,0	0	1,5	—	490	6′00″	18,0
Bucium	Complex	1,130	6,8	31,0	4,5	0	1,5	—	370	7′39″	22,0
Săvîrșin	Complex	1,250	6,5	33,0	3,4	0	5,0	—	375	4′49″	40,0
Ruşchiţa	Complex	1,100	6,3	32,0	3,5	0	1,5	—	365	11′19″	12,0
Gura Barza	Auroargentifer	1,012	6,2	—	4,1		—	—	350	15′00″	1,7
Deva	Cupru	1,214	6,4	34,0	4,5	0	1,5	—	335	9′00″	22,0
Bălan	Cupru	1,070	6,8	34,0	4,5	—	—	—	475	1′15″	13,0
Băiţa Crăciuneşti	Complex aurifer	1,127	6,8	30,0	4,8	0	1,5	500	451	29′33″	11,0
Săsar	Auroargentifer	1,040	12,5	30,5	4,0	1	1,5	500	485	3′42″	5,0
Harghita	Caolin	1,230	7,0	30,0	2,5	0	5,0	500	130	30′00″	40,0
Baia de Fier	Grafit	1,140	6,3	28,5	2,5	0	0	500	480	50′00″	20,0
Hunedoara	Fier — spălarea gazelor de la furnale	1,015	6,6	28,5	2,0	0	0	500	500	0′30″	5,0
Lupeni	Spălarea cărbunilor	1,005	6,0	29,0	2,0	0	0	500	499	4′00″	1,5
Paroşeni	Zgură şi cenuşă	1,040	10,5	29.5	2,0	0	10,5	500	500	1′16″	6,0

În primul caz, durata necesară realizării îngroşării maxime este de 2 h 30 min, din care 26 min reprezintă zona de sedimentare liberă, iar restul zona de compresiune. Diluarea în punctul critic este 1/2; 1/1.

În cazul în care se adaugă var, durata necesară realizării îngroşării maxime este de 4 h 34 min, din care 15 min reprezintă zona de sedimentare liberă, iar restul zona de compresiune. Diluarea în punctul critic este de 1/2,49. Tulbureala cu care s-au făcut determinările de mai înainte a avut o diluare inițială de 1/12,76.

Scanned with OKEN Scanner

în laborator pentru tulbureală cu sterilele de mai jos

la 7 at)								Centrifugarea				Observaţii
II				III				Conţinutul în volum		Conţinutul în greutate la volum		Peşte turiele vechi
Din cm³	Filtrat cm³	Timp	Grosimea turtei mm	Din cm³	Filtrat cm³	Timp	Grosimea turtei mm	Material grosier %	Material fin %	Apă %	Material solid %	–
—	440	14′00″	27	500	310	21′00″	33,0	17,00	5,00	80,00	20,00	
—	360	10′54″	34	—	280	17′10″	55,0	36,50	6,00	58,00	42,00	
—	480	20′00″	20	—	420	20′00″	22,0	9,00	3,00	89,00	11,00	
—	315	14′33″	45	—	199	30′00″	56,0	20,00	10,00	73,50	26,50	
—	269	14′39″	60	—	226	24′23″	74,5	30,00	10,00	56,00	44,00	
—	350	30′00″	16	—	245	30′00″	21,0	12,75	4,75	84,30	15,70	
—	275	30′00″	5	--	168	60′00″	8,0	1,25	4,22	--	—	
—	325	24′00″	38	—	220	31′00″	75,0	7,00	20,00	40,70	59,30	
—	400	2′13″	24	--	330	2′59″	30,0	6,00	9,00	—	—	A IV-a filtrare 330—
—	258	30′00″	22	—	138	30′00″	33,0	4,50	6,00	81,20	18,80	—4′18″ 56
500	480	12′23″	10	500	480	18′17″	15,0	1,00	11,00	96,30	3,70	
400	65	30′00″	60	300	38	30′00″	80,0	—	—	64,00	36,00	
470	450	0′56″	40	450	410	1′28″	55,0	—	—	75,00	25,00	
500	500	0′30″	8	500	500	0′30″	11,0	—	—	95,00	5,00	Greutatea specifică a sterilului
500	498	15′00″	3	500	497	20′00″	4,5	—	—	98,50	1,50	2,871 g/cm³
500	485	2′21″	11	500	455	2′32″	16,0	—	—	—	—	γ_{med} = = 1,85 g/cm³

b. **Sterilul de minereu complex de la Săvîrşin.** Încercările s-au făcut cu tulbureală rezultată de la flotaţie. Tulbureala a fost supusă decantării mai întîi în starea în care a rezultat de la încercarea de flotaţie (diluţie 1/2,96) apoi s-a redus diluaţia iniţială la 1/2,25 şi la 1/1,5.

Încercările de decantare s-au efectuat în cilindri de sticlă gradaţi cu o capacitate de 0,50 l, cu diametrul de 50 mm şi cu înălţimea părţii gradate de 26,5 cm.

Rezultatele tuturor încercărilor de decantare sînt redate în tabelele VII. 5, VII, 6 şi VII.7 şi în diagramele din fig. VII.2 în care

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VII.4. **Unghiul de frecare şi coeziune şi sterilelor**

Provenienţa sterilului		Unghiul de frecare φ_0	Coeziunea C kgf/cm²	Curba granulometrică, %			Observaţii
Locul	Natura minereului			Nisip	Praf	Argilă	
Baia de Fier	Grafit[1]	30°10[1]	0,19	45	50	5	Probă luată din dig[1]
Ruşchiţa	Complex	34°	0	—	—	—	Taluz natural
Săvîrşin	Complex	32°	0	—	—	—	Taluz natural
		31°30′	0	—	—	—	Probe luate din dig de la diferite distanţe de periferie
Gura Barza	Auroargentifer	27°30′	0	—	—	—	
		30°	0	—	—	—	
		26°30′	0	—	—	—	
Lupeni	Spălarea cărbunelui	24°50′	0,26[1]	—	61[2]	39	—
Paroşeni	Zgură şi cenuşă	29°	0,44	80[3]	20[4]		

1) Taluz uscat 40°; sub apă 13°30′.

2) 0,050—0,005 mm — 61%
   0,005—0,002 mm — 39%

3) Zgură = 2,15

4) Cenuşă = 0,64

Observaţie: La taluzul sub apă, particulele mici s-au desfăcut sub apă, iar pe disc au rămas numai particulele mari.

Tabelul VII.5. **Încercări pentru apa reziduală cu steril de minereu complex (Săvîrşin). Diluţia iniţială 1/2,96**

Nr. citirii	Timpul de decantare min	Raportul *solid/lichid*	Înălţimea coloanei limpezite mm	Nr. citirii	Timpul de decantare	Raportul *solid/lichid*	Înălţimea coloanei limpezite mm
1	3	1/2,90	5	12	51	1/1,75	89
2	6	1/2,80	12	13	57	1/1,62	98
3	9	1/2,72	17	14	63	1/1,49	108
4	12	1/2,65	23	15	70	1/1,33	119
5	15	1/2,56	31	16	75	1/1,22	127
6	18	1/2,48	36	17	85	1/1,15	132
7	24	1/2,36	45	18	100	1/1,09	137
8	30	1/2,21	56	19	120	1/1,04	140
9	35	1/2,10	64	20	140	1/0,98	145
10	40	1/1,99	72	21	160	1/0,95	147
11	45	1/1,88	79	—	—	—	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VII.4. **Unghiul de frecare şi coeziune şi sterilelor**

Provenienţa sterilului		Unghiul de frecare φ_0	Coeziunea C kgf/cm²	Curba granulometrică, %			Observaţii
Locul	Natura minereului			Nisip	Praf	Argilă	
Baia de Fier	Grafit[1]	30°10[1]	0,19	45	50	5	Probă luată din dig[1]
Ruşchiţa	Complex	34°	0	—	—	—	Taluz natural
Săvîrşin	Complex	32°	0	—	—	—	Taluz natural
		31°30′	0	—	—	—	Probe luate din dig de la diferite distanţe de periferie
Gura Barza	Auroargentifer	27°30′	0	—	—	—	
		30°	0	—	—	—	
		26°30′	0	—	—	—	
Lupeni	Spălarea cărbunelui	24°50′	0,26[1]	—	61[2]	39	—
Paroşeni	Zgură şi cenuşă	29°	0,44	80[3]	20[4]		

1) Taluz uscat 40°; sub apă 13°30′.

2) { 0,050—0,005 mm — 61%
   { 0,005—0,002 mm — 39%

3) Zgură = 2,15

4) Cenuşă = 0,64

Observaţie: La taluzul sub apă, particulele mici s-au desfăcut sub apă, iar pe disc au rămas numai particulele mari.

Tabelul VII.5. **Încercări pentru apa reziduală cu steril de minereu complex (Săvîrşin). Diluţia iniţială 1/2,96**

Nr. citirii	Timpul de decantare min	Raportul *solid/lichid*	Înălţimea coloanei limpezite mm	Nr. citirii	Timpul de decantare	Raportul *solid/lichid*	Înălţimea coloanei limpezite mm
1	3	1/2,90	5	12	51	1/1,75	89
2	6	1/2,80	12	13	57	1/1,62	98
3	9	1/2,72	17	14	63	1/1,49	108
4	12	1/2,65	23	15	70	1/1,33	119
5	15	1/2,56	31	16	75	1/1,22	127
6	18	1/2,48	36	17	85	1/1,15	132
7	24	1/2,36	45	18	100	1/1,09	137
8	30	1/2,21	56	19	120	1/1,04	140
9	35	1/2,10	64	20	140	1/0,98	145
10	40	1/1,99	72	21	160	1/0,95	147
11	45	1/1,88	79	—	—	—	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VII.6. **Incercări de decantare pentru apa reziduală cu steril de minereu complex (Săvîrşin). Diluţia iniţială 1/2,23**

Nr. citirii	Timpul de decantare min	Raportul *solid/lichid*	Înălţimea coloanei limpezite mm	Nr. citirii	Timpul de decantare min	Raportul *solid/lichid*	Înălţimea coloanei limpezite mm
1	5	1/2,16	5	9	65	1/1,48	55
2	10	1/2,08	11	10	70	1/1,42	59
3	20	1/1,97	19	11	80	1/1,31	67
4	30	1/1,86	27	12	102	1/1,02	87
5	41	1/1,75	37	13	115	1/0,96	92
6	50	1/1,62	44	14	120	1/0,94	93
7	55	1/1,58	47	15	132	1/0,91	95
8	60	1/1,53	51	16	145	1/0,88	98
				17	160	1/0,85	100

Tabelul VII.7. **Incercări de decantare pentru apa reziduală cu steril de minereu complex (Săvîrşin), Diluţia iniţială 1/1,5**

Nr. citirii	Timpul de decantare min	Raportul *solid/lichid*	Înălţimea coloanei limpezite mm	Nr. citirii	Timpul de decantare min	Raportul *solid/lichid*	Înălţimea coloanei limpezite mm
1	5	1/1,45	6	8	80	1/1,10	54
2	10	1/1,45	8	9	90	1/1,09	56
3	15	1/1,41	12	10	100	1/1,08	57
4	25	1/1,35	20	11	110	1/1,05	59
5	38	1/1,28	30	12	125	1/1,05	61
6	50	1/1,21	40	13	140	1/1,04	62
7	65	1/1,13	51	14	160	1/1,03	64

apar, în funcţie de timpul de decantare, înălţimea coloanei limezite şi raportul S/L corespunzător.

c. **Sterilul de minereu auroargentifer de la Săsar, Capnic (complex) şi Baia Sprie (complex).** În fig. VII.3 sînt reprezentate rezultatele încercărilor de limpezire, la diferite diluţii, cu aceste sterile.

d. **Sterilul provenit de la spălarea cărbunilor de la Lupeni.** S-au determinat cantităţi de suspensii sedimentare, în funcţie de timp, cît şi vitezele lor sedimentare la 5, 15, 30, 60, 120, 240 şi 480 min. Viteza de sedimentare w pentru fiecare caz în parte s-a calculat din raportul w/t, în care w este coloana de lichid în mm (în cazul considerat 330 mm), iar t — timpul de sedimentare, în s.

Determinările s-au făcut la temperatura de 20° C, gravimetric. Cantităţile depuse la intervalele de timp menţionate mai înainte

Scanned with OKEN Scanner

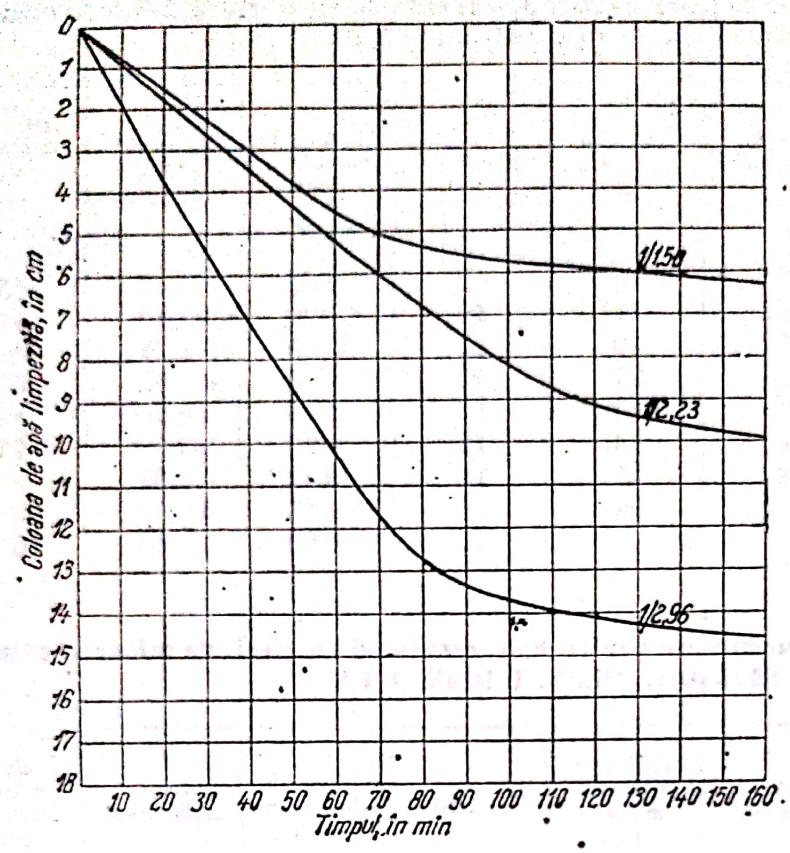


Fig. VII. 2. Graficul curbelor de sedimentare ale apei reziduale cu steril de minereu complex de Săvîrşin la diferite diluţii.

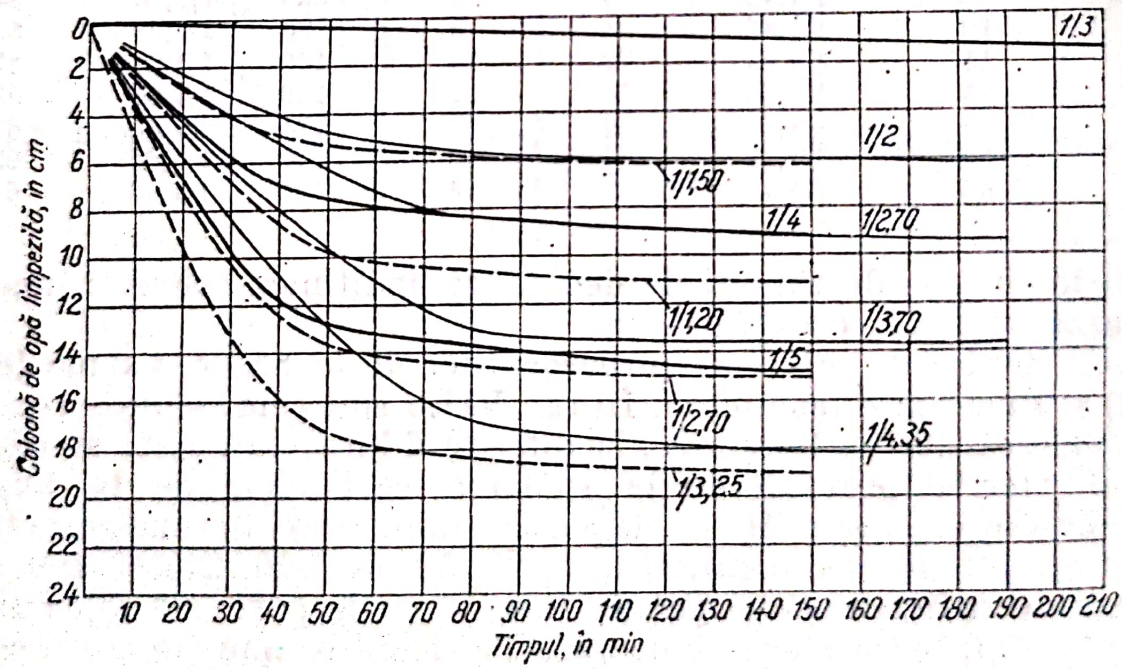


Fig. VII.3. Graficul curbelor de sedimentare ale apei reziduale pentru diferite diluţii : steril de Săsar (auroargentifer), linii groase pline ; steril de Baia Sprie (complex), linii groase întrerupte ; steril de Capnic (complex), linii subţiri pline.

Scanned with OKEN Scanner

și cele rămase în suspensie au fost reținute pe filtre, etuvate și apoi cîntărite cu balanța analitică.

Cantitatea totală de suspensii în apă a fost de 9 100 mg/l.

Rezultatele obținute sînt înregistrate în tabelul VII. 8 fiind exprimate în mg/l apă și în %.

Tabelul VII. 8. **Rezultatele încercărilor de limpezire a tulburelii de la spălarea cărbunelui (Lupeni)**

Decantarea suspensiilor în funcție de timp			Viteza de sedimentare	
Timpul de sedimentare min	Depuneri mg/l	Depuneri %	mm/s	%
5	2 803	30,8	1,10	30,8
15	6 952	76,4	0,37	45,6
30	8 035	88,3	0,18	11,9
60	8 545	93,9	0,09	5,6
120	8 772	96,4	0,05	2,5
240	8 927	98,1	0,02	1,7
480	8 982	98,7	0,01	0,6

Analiza șlamurilor de la spălarea cărbunelui

Sita		Diametrul particulelor mm	Coroești	Lupeni	Petrila
U.S.	Mesh.				
—	+ 20	> 0,841	0,10	1,98	4,07
— 20	+ 50	< 0,841 > 0,297	4,57	26,03	21,32
— 50	+100	< 0,297 > 0,149	9,66	25,12	18,22
—100	+200	< 0,149 > 0,074	20,04	16,94	17,44
—200	+325	< 0,074 > 0,044	7,38	4,31	6,18
—325	—	< 0,044	58,25	25,07	32,77
		Total	100,00	100,00	100,00
		Cenușă	32,30	29,10	35,30

În fig. VII.4 s-a trasat curba de sedimentare în funcție de timp, iar în fig. VII.5 s-a trasat curba vitezelor de sedimentare.

În rezumat, apa fiind în repaus, în 1/2 h se depun 88,3% din cantitatea totală de suspensii, în 1 h 93,9%, în 2 h 96,4%, iar în 8 h 98,7%; după 8 h mai rămîn în suspensie numai 1,3% din cantitatea totală de suspensii, respectiv 118 mg/l. Acestea sînt particule foarte fine sau în stare coloidală care se depun extrem de greu.

Scanned with OKEN Scanner

Depunerea lor poate fi accelerată prin tratarea apei cu coagulanți. Din cercetări rezultă că și în acest caz limpezirea este numai parțială

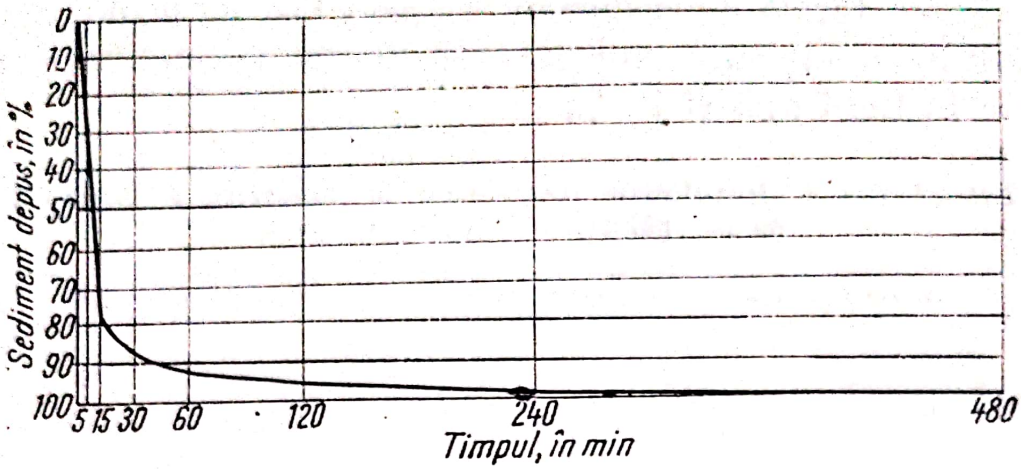


Fig. VII.4. Graficul curbei de sedimentare în funcție de timp a suspensiilor de la spălarea cărbunelui (Lupeni).

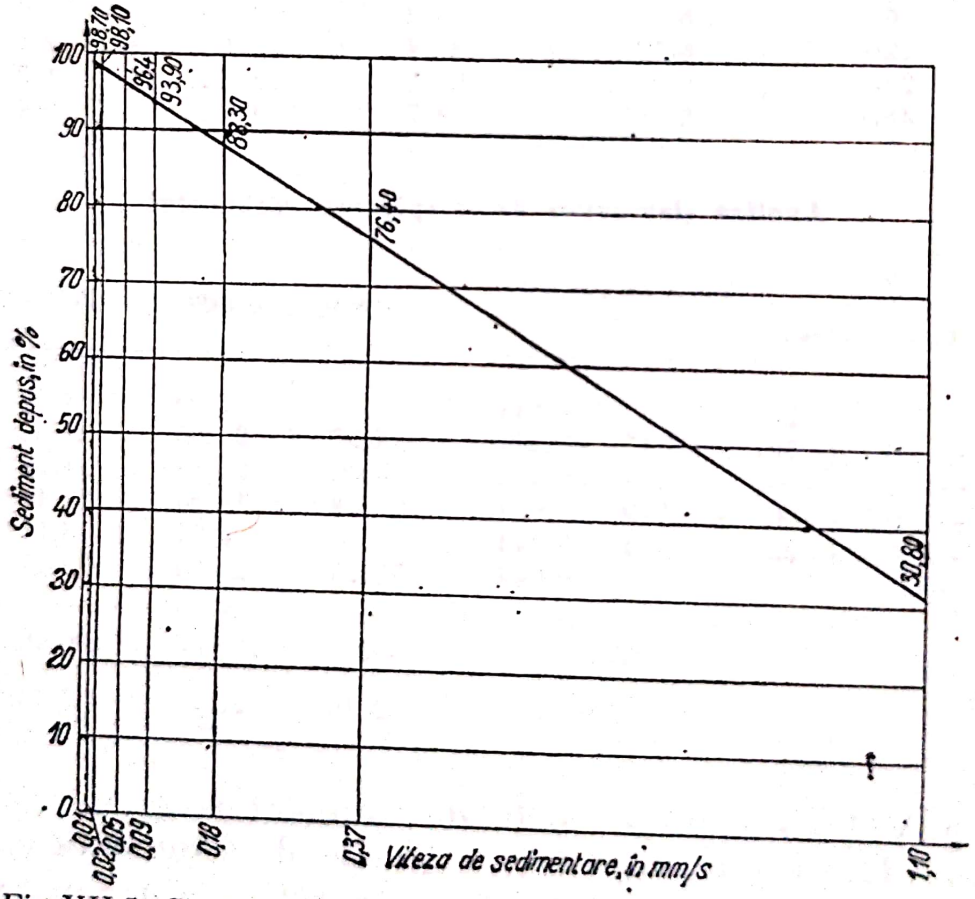


Fig. VII.5. Graficul curbei vitezelor de sedimentare a suspensiilor de la spălarea cărbunelui (Lupeni).

și ar urma ca restul suspensiilor să fie reținut în filtre în cazul în care necesitatea ar cere (cazul apelor potabile, apa pentru anumite industrii etc.).

Scanned with OKEN Scanner

e. Apele reziduale de la instalaţia de spălarea gazelor de la furnalele din oraşul Hunedoara. În figurile VII.6 şi VII.7 sînt reprezentate rezultatele încercărilor de limpezire a apelor reziduale provenite de la spălarea gazelor de la furnalele din Hunedoara (amestecul de ape de la scrubere şi dezintegratoare).

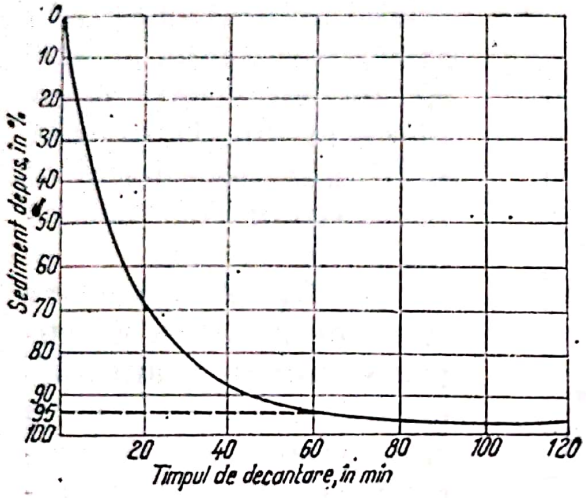


Fig. VII 6. Graficul curbei de sedimentare în funcţie de timp a suspensiilor de la spălarea gazelor de furnal (Hunedoara).

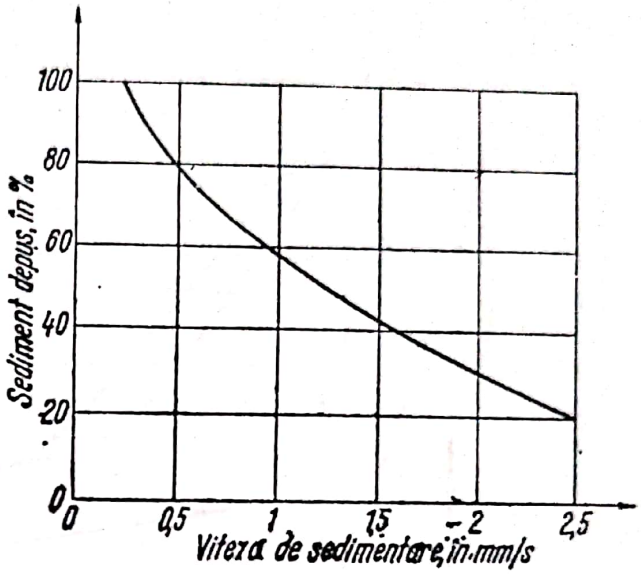


Fig. VII. 7. Graficul curbei vitezelor de sedimentare a suspensiilor de la spălarea gazelor de furnal (Hunedoara).

De la spălarea gazelor de furnale în tuburi Venturi, rezultă 2,20 t steril solid + 2,2 × 33 = 72,60 m² apă, care se depune în iazul de decantare.

În tuburile Venturi se injectează 3 m² la 1 000 m³ gaze. Tulbureala trece în decantare cu 1 500 mg/1 :

— din decantoarele radiale : preaplinul sub 100 mg/1 se recircuitează ;

— grosul din fundul decantorului $S/L = 1/33$ se pompează la iaz ;

— greutatea specifică — picnometru 3,22—3,37 g/cm³, media 3,34 g/cm³; — praf sub 0,05 mm 86% ;

— nisip sub 0,02 mm — depus în 90′ în raport de $\gamma = 3{,}34$ g/cm³ 14%, comparativ cu frămîntările obişnuite $\gamma = 2{,}65..2{,}70$ g/cm³. Limita de curgere Atteberg $W_c = 30{,}0$; limita de frămîntare $W_p = 29{,}1$ fiind egală cu limita de curgere. Materialul nu prezintă domeniu de plasticitate. Desfacerea în apă indică o viteză mică de dispersie, atît la materialul uscat în etuvă (104°C), cît şi la cel uscat la temperatura camerei (20°C).

Scanned with OKEN Scanner

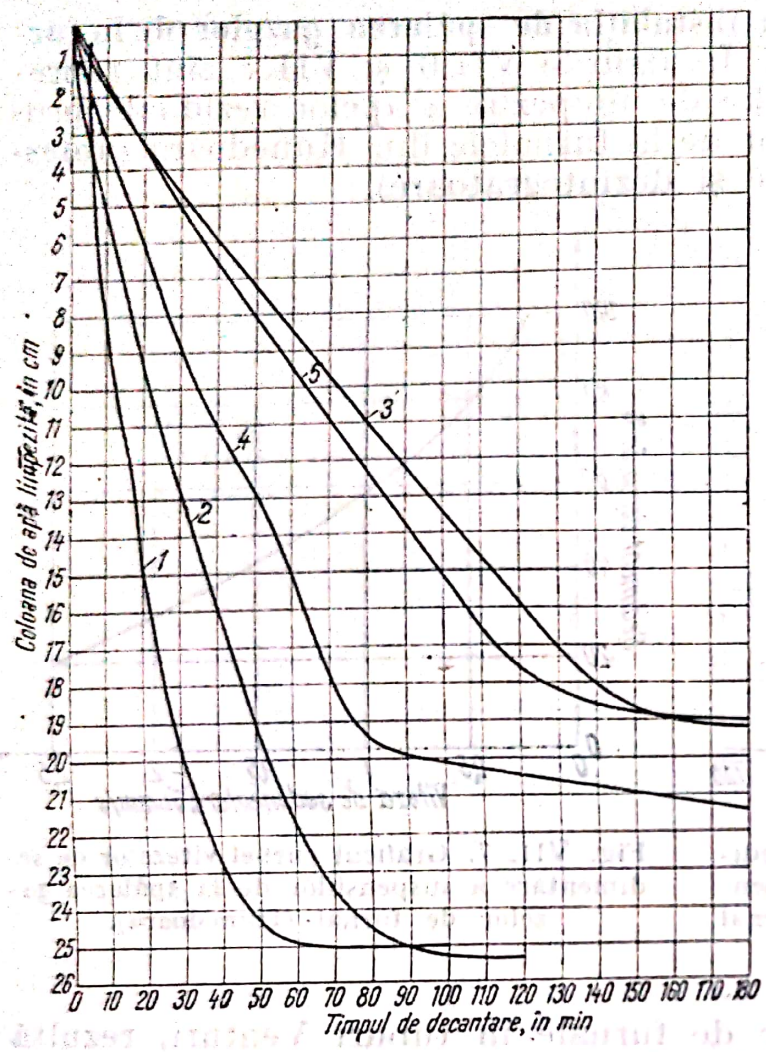


Fig. VII.8. Graficul curbelor sedimentare ale apelor reziduale de la flotație cu steril de minereuri complexe: *1* – Ruşchița; *2* – Băița – Baia Mare; *3* – Bucium; *4* – Baia de Arieș; *5* – Băița Crăciunești.

f. Apele reziduale de la instalațiile de flotație de la Ruşchița, Băița — Baia Mare, Bucium, Baia de Arieș și Băița Crăciunești. În fig. VII. 8 sînt reprezentate rezultatele încercărilor de decantare a apelor reziduale, cu steril de minereuri complexe la diluția folosită în fluxul tehnologic al instalațiilor de preparare.

g. **Ape reziduale cu steril de minereu de cupru și minereu auro-argentifier.** În fig. VII. 9 sînt prezentate comparativ rezultatele decantării apelor reziduale cu steril de minereu de cupru de la Bălan și de minereu auroargentifer de la Gura Barza.

h. **Apa reziduală de la instalația de flotație din Deva.** În fig. VII.10 sînt date rezultatele încercărilor de limpezire efectuate asupra apei reziduale cu steril de minereu cuprifer de la instalația de flotație din Deva.

i. **Apele reziduale de la prepararea bauxitei — Dobrești. Caracteristicile tulburelii cu steril** (tabelul VII. 9 și fig. VII.11).

C. DIVERSE STERILE ȘI PARAMETRII RESPECTIVI

1. Cenușa și zgura de la centrala termică Paroșeni

Pentru investigarea posibilităților de evacuare hidromecanică cu realizarea digului de închidere a iazului de decantare, prin depunerea subacvatică dirijată a cenușii și a zgurii aflate în suspensie,

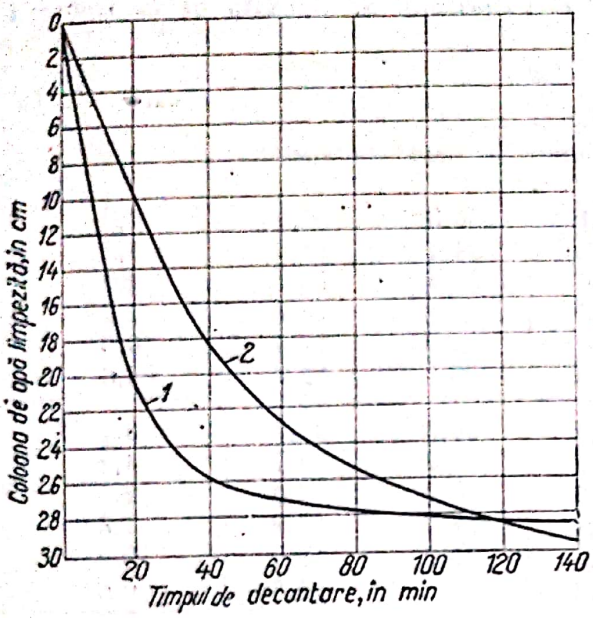


Fig. VII. 9. Graficul curbelor de sedimentare ale apelor reziduale cu steril de minereu auroargentifer :

1 — minereu de cupru (Bălan) cu diluatia 1 : 4,75 ;
2 — minreeu auroargentifer (Gura Barza) în diluția 1 :21,4.

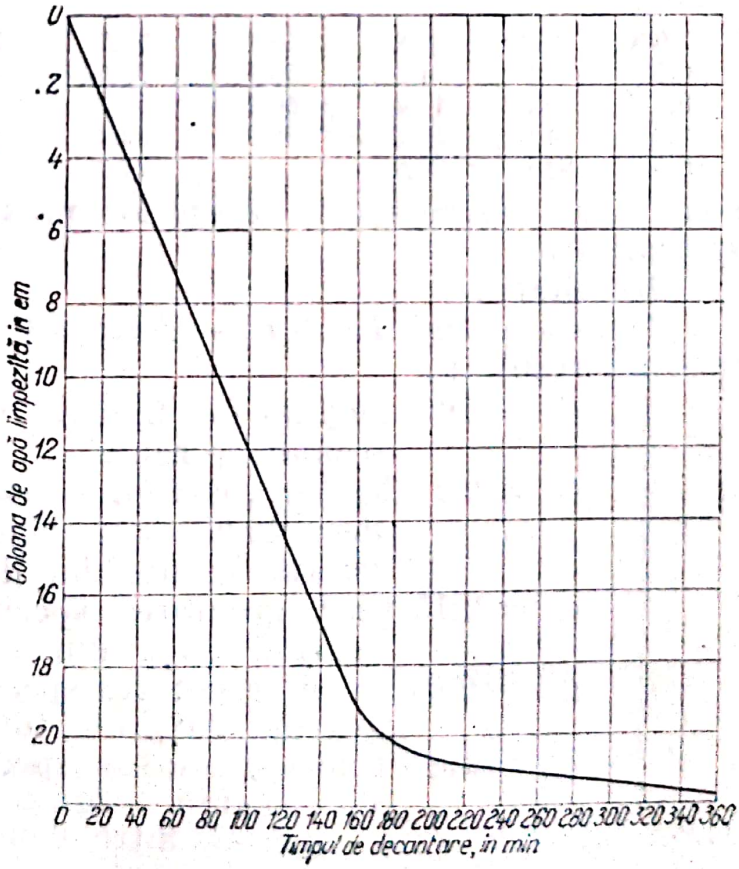


Fig. VII.10. Graficul curbelor de sedimentare a apei reziduale cu steril de minereu de cupru (Deva).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VII.9. **Analiza chimico-granulometrică a sterilului de bauxită de la Dobreşti**

Clasa mm	V %	SiO_2 %		Al_2O_3 %		Fe_2O_3 %	*Modul* = $\frac{Al_2O_3}{SiO_2}$
		În concentrat	În steril	În concentrat	În steril	În concetnrat	
+5,000	0,3	7,1	38,1	56,1	35,3	16,0	7,9
+1,000	4,2	10,6	39,3	55,2	34,4	19,8	5,2
+0,500	4,2	13,7	40,4	54,6	33,4	16,7	4,0
+0,125	17,9	19,3	45,7	51,3	29,2	15,2	2,7
+0,080	5,7	36,7	46,5	28,9	29,3	17,4	0,8
−0,080	67,7	46,5	—	29,3	—	12,2	0,6
+5,000	0,2	8,2	44,3	54,9	30,5	22,3	6,7
+1,000	1,7	10,3	44,9	50,5	30,2	24,7	4,9
+0,500	1,5	19,1	45,3	49,5	29,9	16,0	2,6
+0,125	8,7	25,0	47,4	44,8	28,4	17,9	1,8
+0,080	3,0	37,8	47,8	33,5	28,2	18,3	0,9
−0,080	84,7	47,8	—	28,2	—	11,5	0,6
+5,000	0,3	9,3	36,6	63,1	37,8	17,4	14,7
+1,000	3,0	16,4	37,2	51,0	37,2	17,0	3,1
+0,500	3,8	21,4	37,8	52,0	36,6	16,2	2,4
+0,125	22,4	21,7	42,4	50,2	31,8	17,0	2,3
+0,080	6,9	30,5	44,4	37,5	31,6	16,6	1,2
−0,080	63,9	44,4	—	31,6	—	11,0	0,7
+1,000	0,2	18,8	50,1	52,7	28,6	13,4	2,8
+0,500	1,0	34,3	50,5	35,5	28,5	13,0	1,4
+0,125	10,2	47,4	50,7	31,1	28,0	11,4	0,7
+0,080	4,6	48,8	50,9	29,4	27,7	12,2	0,6
−0,080	84,0	50,9	—	27,7	—	10,3	0,5

s-au făcut determinările diferiţilor parametri în laboratoarele de specialitate.

Rezultate :

1) *Laboratorul I.C.S.E. — Bucureşti* : din determinările geotehnice au rezultat :

$T = 29°$, unghiul de frecare interioară a sedimentului (cenuşă + zgură)

$C = 0{,}44$ kgf/cm², coeziunea materialului (cenuşă + zgură) deci stabilitatea digului de centură este asigurată la unghiul de taluz $> 30°$

$g_c = 2{,}15$ t/m³, greutatea specifică cenuşă ; cenuşa reprezentînd 80% din total

$g_s = 0{,}64$ t/cm³, greutatea specifică a zgurii ; zgura reprezentînd 20% din total

$g_m = 1{,}85$ t/m³, greutatea specifică medie (pentru steril din cenuşă + zgură)

Granulometria este cuprinsă între 0,003—0,35 mm

Scanned with OKEN Scanner

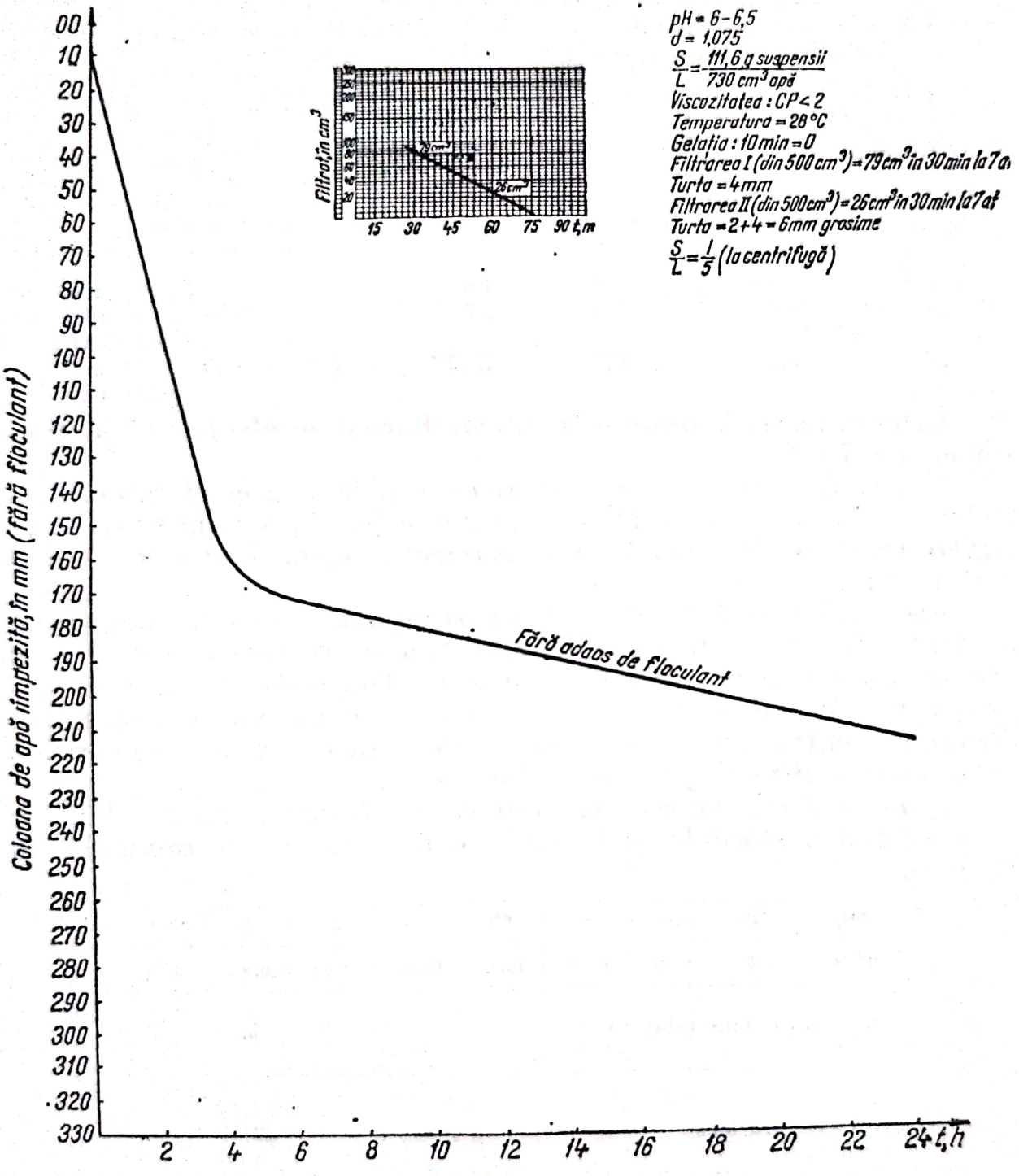


Fig. VII. 11. Graficul tulburelii cu steril de la prepararea bauxitei (Dobrești).

Scanned with OKEN Scanner

2) *Laboratorul I.C.F.E. — Cîmpina*: Caracteristicile amestecului cenușă + zgură + apă. Raport $S/L = 1/10$:

Greutatea specifică a tulburelii	1,04 kgf/dm³
Viscozitatea Marsh	29,5 s
Viscozitatea Stormer	2 cP
Gelația la 0′	0 g
Gelația la 10′	0 g
*p*H	10,5

Filtrarea	Presiunea	Filtrat, cm³	Timpul	Grosimea turtei, mm
I	0,50	510	1′6″	*I* = 6 mm
II	0,61	485	2′21″	*I* + *II* = 11 mm (cumulativ)
III	0,65	455	2′32″	*I* + *II* + *III* = 16 mm (cumulativ)

În mod normal, probele în filtrul Baroid se efectuează la presiunea de 7 at.

Din cauza filtrării excepțional de rapidă a acestei tulbureli a trebuit ca probele să se facă la presiune joasă; s-a încercat să se regleze presiunea la 1 at, dar nu s-a reușit aceasta fiind 0,50; 0,61 și 0,65 în timpul celor 3 filtrări.

Această tulbureală a marcat cea mai rapidă filtrare în comparație cu toate tulburelile întîlnite în industria extractivă, indicînd prin aceasta lipsa proprietăților de colmatare. Din această cauză în timpul operațiilor de aluvionare a plajei, nu se va obține colmatarea digului de centruă; în consecință acesta avea o textură permeabilă, ocazionînd infiltrații, prin taluzul exterior.

3) *Laboratorul de cercetări miniere — Brad*: analiza chimico-mineralogică a sterilului și încercările de limpezire a tulburelii au indicat:

SiO_2	CaO	F_2O_3	S	Pb	Cu	Zn	As	Al_2O_3
48,34	2,61	6,10	0,125	Lipsă	Lipsă	0,14	0,032	8,94

Compoziția mineralogică	%
Silice	37,85
Minerale argiloase	22,50
Carbonați	4,60
Oxizi de fier (hematit și magnetit)	6,10
Sulfuri metalifere:	
— pirită	0,08
— blendă	0,21
Sulfoarseniură FeAsS mispichel	0,07

Scanned with OKEN Scanner

Încercările de limpezirea tulburelii s-au efectuat la rapoarte S/L de: 1/6,87; 1/10,05, fără şi cu adaos de var (v. anexele şi diagramele laboratorului; tabelele VII.10 şi VII.11; figurile VII.12 şi VII.13).

Tabelul VII.10. **Încercări de decantare cu tulbureala de la centrala termică Paroşeni Diluţie 1 :10,05**

Fără var		CaO = 100 g/m³		CaO = 200 g/m³		CaO = 400 g/m³		CaO = 600 g/m³	
Timpul de încercare s	Coloana de apă limpezită mm	Timpul de limpezire s	Coloana de apă limpezită mm	Timpul de limpezire s	Coloana de apă limpezită mm	Timpul de limpezire s	Coloana de apă limpezită mm	Timpul de limpezire s	Coloana de apă limpezită mm
1	5	1	7	1	10	1	15	1	20
3	10	3	20	3	30	3	40	3	50
5	20	5	30	5	50	5	70	5	80
9	45	9	100	9	130	9	170	9	180
15	110	15	160	15	190	15	210	15	230
21	160	21	200	21	220	21	260	21	270
30	200	30	220	30	270	30	275	30	280
40	220	40	270	40	280	40	289	40	288
60	291	60	291	60	290	60	289	60	288
1440	291	1 440	291	1 440	290	1 440	289	1 440	288

Tabelul VII. 11. **Încercări de decantare cu tulbureala de la Centrala termică Paroşeni Diluţie 1 :6,87**

pH = 6 Fără var		pH = 6,5 CaO = 100 g/m³		pH = 7 CaO = 200 g/m³		pH = 8,7 CaO = 400 g/m³		pH = 9,6 CaO = 600 g/m³	
Timpul de limpezire	Coloana de apă limpezită mm	Timpul de limpezire s	Coloana de apă limpezită mm	Timpul de limpezire s	Coloana de apă limpezită mm	Timpul de limpezire s	Coloana de apă limpezită mm	Timpul de limpezire s	Coloana de apă limpezită mm
1	2	1	4	1	6	1	12	1	14
3	6	3	20	3	25	3	35	3	40
5	15	5	35	5	45	5	60	5	80
9	35	9	90	9	110	9	130	9	150
15	80	15	140	15	170	15	200	15	235
21	130	21	180	21	190	21	240	21	250
30	150	30	220	30	240	30	250	30	260
40	175	40	190	40	251	40	260	40	261
50	220	50	265	50	264	50	262	50	262
60	265	60	265	60	264	60	263	60	262
1 440	265	1 440	265	1 440	264	1 440	263	1 440	262

Adaosul de var şi situaţia mai pronunţată accelerează decantarea, însă numai în primele 10—15 min, iar după 40—60 min vitezele de decantare devin aproximativ egale.

Comparativ cu alte tulbureli întîlnite în industria extractivă, tulbureala în chestiune decantează mult mai repede, chiar în condiţii

Scanned with OKEN Scanner

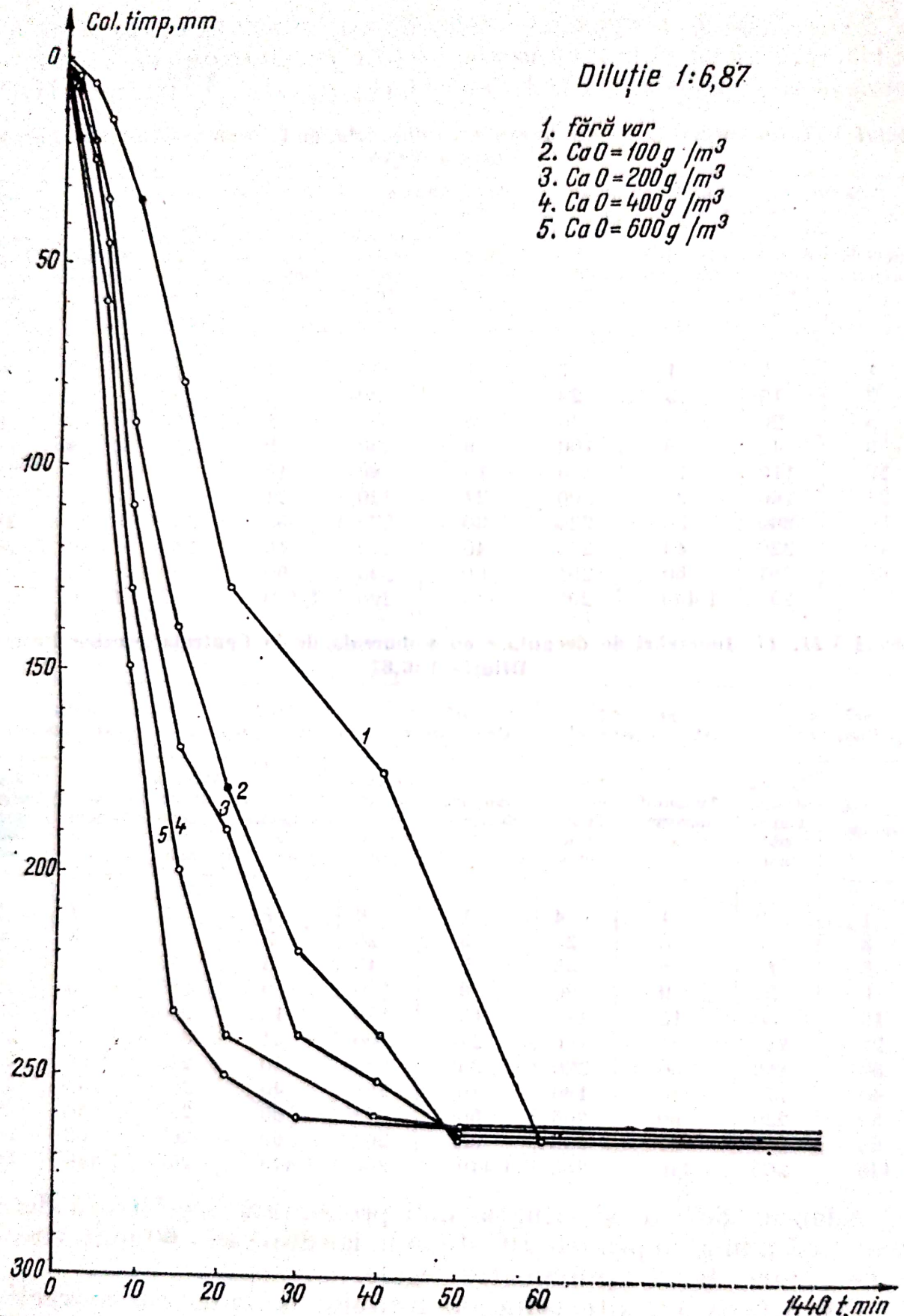


Fig. VII. 12. Graficul curbelor de decantare ale tulburelii (Paroșeni) cu diluția 1 :6,87

Scanned with OKEN Scanner

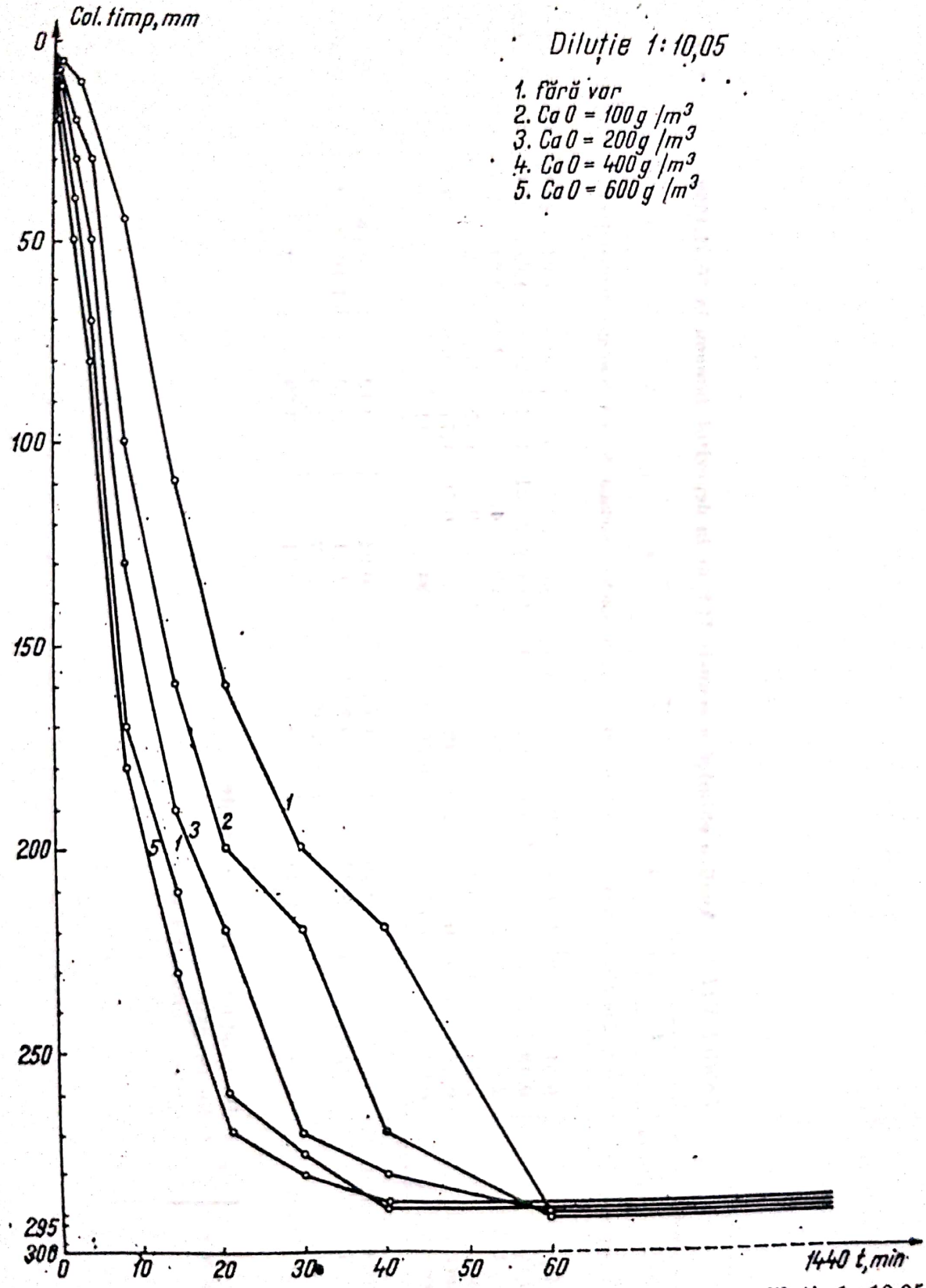


Fig. VII. 13. Graficul curbelor de decantare ale tulburelii (Paroşeni) cu diluţia 1 : 10,05

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VII.12. **Analiza chimică a cenuşii TCP de la depozitul tampon la 20.01.1960**

Componenţa \ Proba	1		2		3		4		5		6		7	
	Solubil	Insolubil	Solubil	Insolubil	Solubil	Insolubil	Solubil	Insolubil	Solubil	Insolubil	Solubil	Insolubil	Solubil	Insolubil
SiO_2	0,61	52,58	1,06	51,94	1,08	51,52	0,66	52,80	0,57	50,96	1,94	45,02	1,65	48,01
Al_2O_3	0,48	27,39	3,04	25,13	3,02	24,93	4,91	20,21	1,54	26,28	4,61	21,63	4,66	22,05
Fe_2O_3	2,37	7,89	5,06	4,25	4,62	4,63	7,99	4,84	0,47	9,88	9,94	2,77	6,87	4,20
CaO	2,85	0,41	3,48	0,65	3,43	1,02	3,80	0,75	1,45	3,30	5,20	0,75	5,44	0,94
MgO	0,55	1,85	0,36	0,25	0,42	0,84	0,90	0,50	1,71	0,95	1,27	0,90	1,03	1,26
SO_3	0,22	—	0,85	—	0,29	—	0,34	—	0,11	—	—	—	—	—
Cărbune nears	1,35		0,40		1,16		0,94		0,12		4,88		1,98	
Alcalii	2,08		2,33		2,32		1,51		2,00		1,16 Na_2O		1,08 Na_2O	
Fe_2O	2,30		2,76		3,02		2,87		3,79		—		—	
Sulf (total)	0,20		0,20		0,04		0,11		3,79		0,08		0,12	

Probele { *1,2,3* din producţia de zi şi noapte
4 din depozit
5 zgură — producţia pe zi

Scanned with OKEN Scanner

statice; în condiţii de mişcare lentă prin hidroecran suspensiile vor decanta şi mai repede, astfel că nu este necesar să se adauge var decît pentru coborîrea *p*H-ului de la 10,5 la 8,5 g/l.

4) *Laboratorul I.S.P.E. Analiza chimică a cenuşii T.C. — — Paroşeni* (v. tabelul VII. 12).

D. CONDIŢII HIDROLOGICE ŞI HIDROGEOLOGICE

Deoarece în majoritatea cazurilor iazurile de decantare sînt amplasate în imediata vecinătate a cursurilor de apă, este necesar să se studieze în prealabil regimul apelor, adică : bazinul de recepţie, precipitaţiile (tabelul VII.13), coeficienţii de scurgere, viteza apei, debitul, caracteristicile climatice şi geologice (tabelul VII. 14).

Pentru fixarea cotei digului de amorsare a iazului de decantare trebuie să se stabilească iniţial cotele maxime ale apelor cu diferite frecvenţe.

De asemenea, la stabilirea creşterii conţinutului de suspensii a apei rîului după evacuarea apei reziduale, este necesară cunoaşterea debitului minim cu asigurarea de 95% şi a nivelului corespunzător.

Datorită activităţii intense desfăşurată pe tot cuprinsul ţării de către unităţile N.C.A. şi ale Institutului de Studii şi Proiectări Energetice, foarte multe rîuri sînt studiate complet fiind înregistrate pentru fiecare an hidrografic, nivelele şi debitele zilnice, temperatura aerului şi apei etc., date care sînt prezentate în anuarele hidrografice.

În cazul în care nu există un studiu întocmit, se elaborează un studiu sumar al regimului apelor, determinînd suprafaţa bazinului hidrografic şi ţinînd seamă de precipitaţiile şi de coeficientul de scurgere caracteristice zonei respective. Se recomandă în acest scop folosirea bibliografiei [83, 84, 85, 86 şi 87].

Tabelul VII.13. **Date relative la evaporaţia şi precipitaţiile anuale (Baia—Judeţul Constanţa şi Rîmnicul de Sus)**

Luna												Perioada	Media anuală
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Statia Baia Potur													
Cantităţi medii de precipitaţii, în mm													
31,2	24,3	15,5	22,4	31,0	46,9	40,9	41,1	18,9	36,2	32,8	25,3	1931—1949	366,5
Cantităţi medii de evaporaţie, în mm, în judeţul Constanţa													
3,0	13,4	22,7	35,9	45,9	66,3	80,4	77,1	59,9	34,9	20,1	8,9	1896—1915	473,5

Tabelul VII.13 (continuare)

Ploi torențiale în perioada 1933 – 1944 + 1949 – 1955 în Rîmnicul de Sus

Anul	Data	Cantitatea mm	Durata min	Intensitatea mm/min
1933	9.I	36	12	3,00
1934	19.V	43	60	0,72
1934	2.VII	68	180	0,37
1934	16.VIII	87	240	0,36
1934	23.VIII	35	60	0,58
1935	22.VIII	35	60	0,58
1936	22.VI	40	180	0,22

Tabelul VII.14. **Date referitoare la permeabilitatea terenului Baia județul Constanța**

Nr. foraj-ului	Nr. probei	Adîncimea probei m	Descrierea probei	Permeabilitatea
4	1	2,00	Argilă prăfoasă loesoidă galbenă calcaroasă	Impermeabilă la 24 h
5	1	2,00	Praf argilos galben uscat	Impermeabilă la 24 h
6	2	4,00	Argilă prăfoasă puțin nisipoasă calcaroasă și sfărîmicioasă	Impermeabilă la 24 h
7	3	2,90	Praf argilos nisipos cenușiu puțin calcaros	Permeabil la 4 h și 45′: $5{,}93 \times 10^{-6} = 0{,}00000593$
8	1	0,95	Praf argilos calcaros sfărîmicios cenușiu cu resturi vegetale	Permeabil la 23 h și 45′: $81 \times 10^{-6} = 0{,}0000081$
9	1	1,30	Praf argilos puțin nisipos foarte calcaros	Permeabil la 3 h: $1{,}1 \times 10^{-5} = 0{,}000011$
9	2	4,00	Idem	Permeabil la 3 h: $5{,}31 \times 10^{-5} = 0{,}0000531$
10	2	4,00	Idem	Permeabil la 5 h și 30′: $3{,}8 \times 10^{-6} = 0{,}0000038$
11	2	4,00	Nisip fin prăfos argilos	Permeabil la 5 h: $1{,}4 \times 10^{-7} = 0{,}00000014$
12	1	1,60	Praf argilos galben cafeniu	Impermeabil la 24 h
12	2	4,00	Praf nisipos puțin argilos	Permeabil: $6{,}3 \times 10^{-6} = 0{,}0000063$
13	1	1,30	Praf argilos puțin nisipos galben cafeniu	Permeabil la 15′: $415 \times 10^{-5} = 0{,}0000415$
13	2	4,00	Praf nisipos puțin argilos umed calcaros galben cafeniu	Impermeabil la 48 h

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul

VIII

PRINCIPII DE CALCUL ŞI PROIECTARE A INSTALAŢIEI

A. BAZELE SPECIFICE DE PROIECTARE, AMPLASAREA IAZULUI DE DECANTARE ŞI MODUL DE ADUCŢIUNE A APEI REZIDUALE CU STERIL

1. Bazele specifice de proiectare

Se stabilesc de la început parametrii principali ai suspensiilor solde şi caracteristicile apelor reziduale şi anume : compoziţia chimico-mineralogică, granulometria, curba de decantare a suspensiilor, densitatea, viscozitatea, gelaţia, indicele *p*H, colmatarea, centrifugarea, unghiul de frecare interioară şi coeziunea sterilului.

Prin temă se precizează raportul S/L şi reactivii folosiţi la preparare. Se efectuează o analiză chimică a apei limpezite prin decantare pentru a se determina reactivii rămaşi (calitativ şi cantitativ). Metodele de determinare a acestor parametri au fost descrise în capitolele precedente.

2. Amplasarea iazului de decantare

Alegerea amplasamentului constituie problema principală a cărei rezolvare este în unele situaţii foarte dificilă, datorită reliefului, lipsei suprafeţei de teren necesară în vecinătatea uzinei de preparare şi celorlalte condiţii locale, astfel că uneori se impune schimbarea amplasamentului uzinei de preparare.

Un amplasament ideal trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

1) *Să aibă suprafață suficientă pentru a asigura limpezirea apei și înmagazinarea sterilului pînă la epuizarea rezervelor de minereu sau pentru un număr însemnat de ani.*

2) *Să fie în apropiere și în aval de uzina de preparare*, adică aducțiunea tulburelii să aibă un traseu scurt și să se efectueze prin gravitație cel puțin în faza incipientă, rămînînd ca numai pentru înălțarea depozitului de steril să se pompeze eventual tulbureala [1].

3) *Relieful terenului să asigure, pe o porțiune cît mai mare, o închidere naturală a incintei iazului*, încît să rezulte o lungime cît mai redusă a digului de centură, deci o conductă deversoare cît mai scurtă și o exploatare cît mai economică.

4) *Amplasamentul iazului să se facă pe terasa superioară*, încît să nu provoace obturarea albiei majore a cursului de apă și să nu prezinte riscul ca digul de amorsare să fie spălat la viituri. Pentru determinarea distanței dintre dig și firul apei, se execută două profile transversale prin rîu, distanțate între ele cu lungimea laturii riverane a digului. Ținînd cont de panta rîului și de debitul apelor maxime, se determină secțiunea necesară scurgerii acestor ape la viteza aferentă pantei. În raport cu această secțiune se amplasează latura riverană a digului, se stabilește înălțimea și în funcție de viteza apelor se alege și materialul pentru consolidarea taluzului digului pentru a rezista forței de eroziune cauzată de viitură [40].

5) *Să fie situat la mai mult de 300 m depărtare de centrele locuite*, distanță care reprezintă zona de protecție sanitară prevăzută de H.C.M nr. 769/1957 (cap. I.B.)

Pentru studierea amplasamentului se fac 2—3 sondaje geotehnice în patul iazului pentru investigații hidrogeologice; se obțin date cu privire la permeabilitate, în vederea colmatării patului spre a proteja pînza freatică din care se alimentează sursele de apă ale centrelor locuite.

În general se studiază două sau mai multe variante de amplasament și alegerea se face în baza unui calcul tehnico-economic, în care intervin costul instalației conductei de aducțiune, costul energiei de pompare și costul amenajării iazului de decantare (digul de amorsare, conducta deversoare cu suporții respectivi, dispozitivul de

---

[1] Este contraindicată amplasarea iazului în amonte de uzina de preparare deoarece pompele de tulbureală nu se construiesc cu mai multe etaje, astfel că sînt limitate la o înălțime de refulare maximă $H = 40$ m, în care sînt cuprinse pierderile prin frecare pe conductă și diferența de nivel datorită contrapantei și înălțimii depozitului de steril din iaz.

Scanned with OKEN Scanner

evacuare a apei limpezite și sondele inverse), capacitatea maximă de înmagazinare și durata de utilizare. Se analizează și posibilitățile de extindere în raport cu rezervele de minereu.

Pentru fiecare din variantele studiate se vor studia instalațiile de alimentare cu energie pentru acționarea pompelor și pentru iluminat și instalația de recirculare a apei limpezite acolo unde tema o cere.

Pentru fiecare variantă se va estima costul de investiție și prețul de cost pe bază de indici și prin analogie cu instalații similare. Prețul de cost se raportează la tona de minereu prelucrat.

Cu ajutorul datelor de mai înainte se motivează soluția recomandată din punct de vedere tehnologic și economic, în concordanță cu soluția de amplasament propusă pentru instalația de preparare.

3. Capacitatea de înmagazinare și înălțimea iazului (depozitului de steril)

Pe planul de situație, la scara 1/1 000, se trasează cît mai exact posibil curbele de nivel cu echidistanța de 1,00 m. Pe acest plan se figurează digul de amorsare (fig. VIII.1) și se procedează apoi la construirea epurei iazului ținînd cont de retragerea digului (spre incintă) după unghiul de taluz natural al sterilului.
Retragerea r, spre incintă, după un unghi de 25°, corespunzătoare unei diferențe de nivel de 1,00 m, este:

$$r = \frac{1}{\operatorname{tg} 25^\circ} = \frac{1}{0{,}466} = 2{,}14 \text{ m}.$$

Cu această mărime, redusă la scara de 1/1 000, se duce o paralelă la conturul interior al digului pînă la intersecția cu curba de nivel cea mai joasă. Se notează cu S suprafața cuprinsă între conturul celor 3 fragmente de paralelă și curba de nivel, și cu S_1, S_2, S_3,...,S_n suprafețele cuprinse între următoarele paralele (distanțate cu 2,14 m) și curbele de nivel aferente. În acest mod, se obține epura iazului (depozitului) arătată în fig. VIII. 2; se procedează apoi la planimetrarea acestor suprafețe succesive S_1, S_2, S_3,..., S_n notînd valorile într-un tabel (tabelul VIII. 1).

Din examinarea tabelului VIII. 1 rezultă că între cotele 349,00 și 359,00 m suprafețele sînt aproximativ de aceeași mărime, ceea ce înseamnă că pierderea cauzată de retragerea digului după taluzul natural al sterilului este compensată de taluzul reliefului care închide incinta iazului.

Scanned with OKEN Scanner

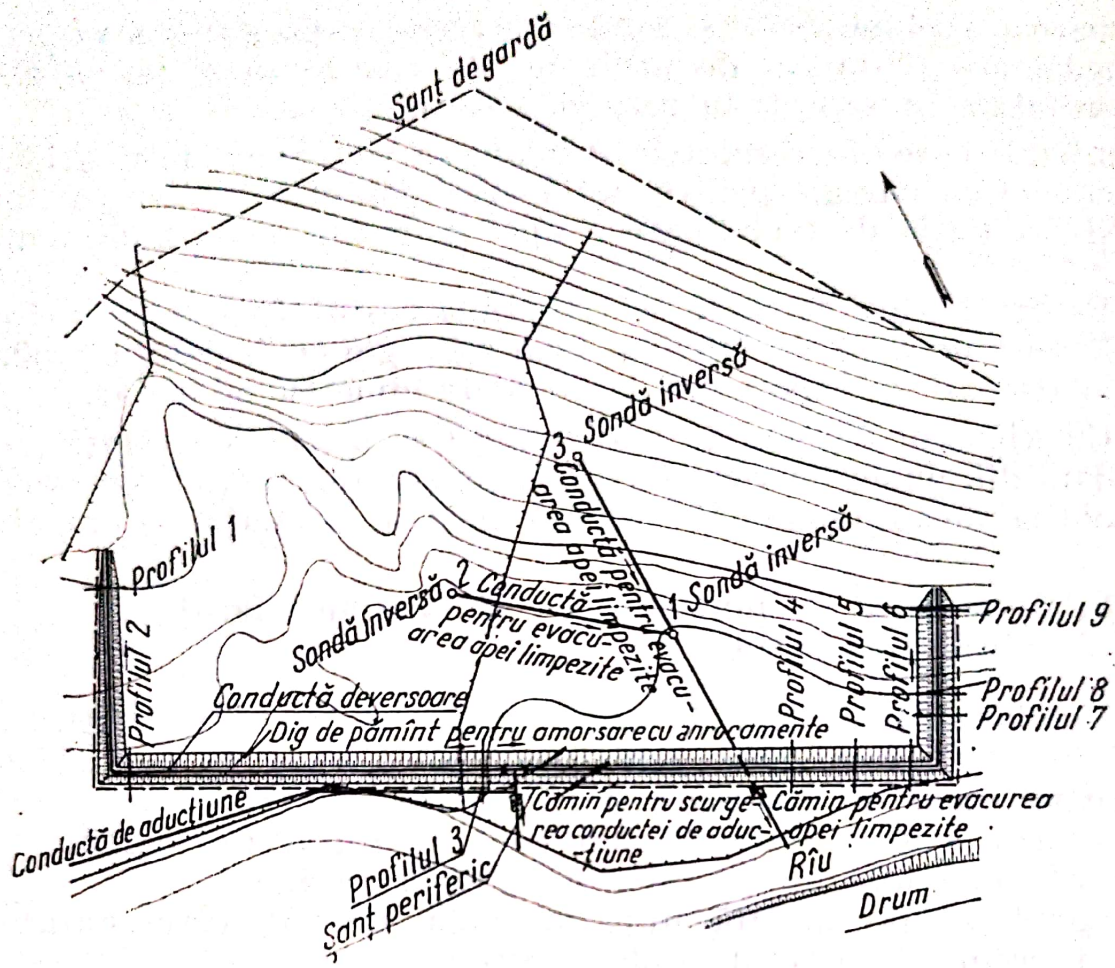


Fig. VIII. 1. Ansamblul iazului de decantare.

Tabelul VIII.1. **Capacitatea de înmagazinare a iazului în funcție de înălțime**

x[1] m	Suprafața m²	Volumul m³	Volumul cumulativ m³	x m	Suprafața m²	Volumul m³	Volumul cumulativ m³
344	1 050	525	—	352	6 500	6 425	33 175
345	1 600	1 400	1 925	353	6 650	6 575	35 750
346	2 400	2 100	4 025	354	6 750	6 700	46 450
347	3 360	2 650	6 875	355	6 760	6 700	53 150
348	4 000	3 700	10 575	356	6 900	6 625	59 975
349	5 000	4 500	15 075	357	6 650	6 600	66 575
350	6 000	5 500	20 575	358	7 100	6 935	73 500
351	6 360	6 175	26 750	359	6 800	6 750	80 250

[1] x este cota curbei de nivel, în m.

Scanned with OKEN Scanner

Cu ajutorul acestor suprafeţe şi ţinînd seama de echidistanţa curbelor de nivel, se va calcula volumul de steril depozitat în cuveta iazului de la fund pînă la planul orizontal de cota dorită:

$$V_1 = \frac{O + S_1}{2} \times 1 = \frac{1\,050}{2} = 525{,}00 \text{ m}^3$$ (echidistanţa planurilor orizontale este de 1,00 m)

$$V_2 = \frac{S_1 + S_2}{2} \times 1 = \frac{1\,050 + 1\,800}{2} = 1\,425\,00 \text{ m}^3$$

Volumul cumulat $V_1 + V_2 = 525{,}00 + 1\,425{,}00 = 1\,950{,}00$ m³.
Aceste volume se notează ca şi suprafeţele (v. tabelul X.1).

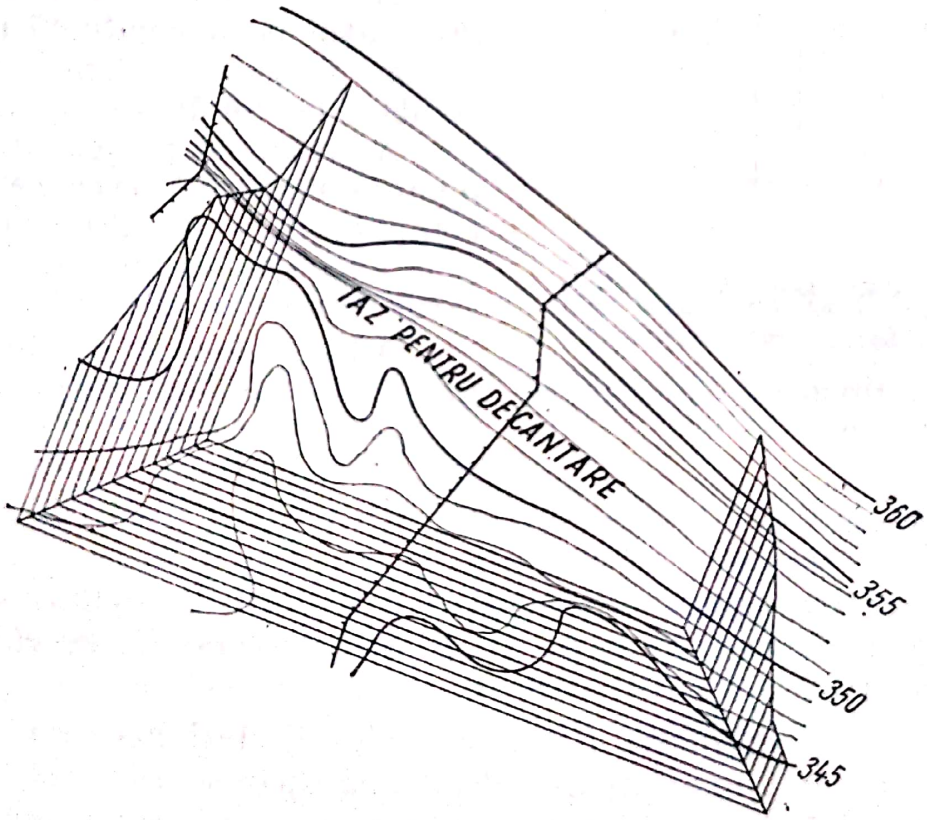


Fig. VIII. 2. Epura iazului de decantare.

Punînd în abscisă volumul cumulat şi în ordonată cotele curbelor de nivel se obţine diagrama volumelor iazului care ne indică volumul de steril înmagazinat pînă la cota respectivă (fig. VIII. 3).

Scanned with OKEN Scanner

Din cantitatea de minereu prelucrată într-o flotație de 75 t/zi se scad 20% concentratele de metal și se obțin $\frac{75-15}{1,80} = 33,30$ m³ steril depozitat într-o zi sau $33,30 \times 350 = 11\,600,00$ m³/an.

Durata de înmagazinare pînă la cota 359,00 m este:

$$\frac{80\,250,00 \text{ m}^3}{11\,600,00 \text{ m}^3/\text{an}} \approx 7 \text{ ani.}$$

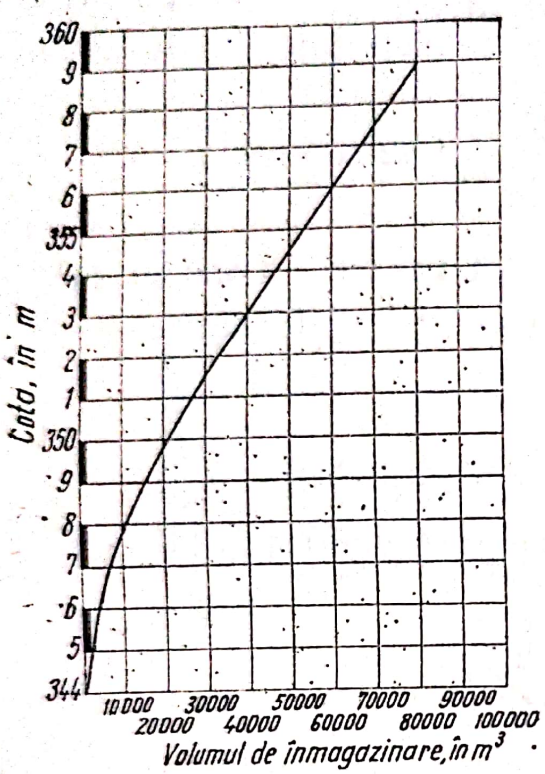


Fig. VIII. 3. Diagrama capacității de înmagazinare a iazului.

4. Aducțiunea tulburelii de la uzina de preparare pînă la iaz

Aducțiunea se face fie prin gravitație pe o conductă metalică sau pe jgheab de lemn, fie prin refulare pe conducta metalică.

Aducțiunea pe jgheab implică o pantă uniformă, ceea ce duce la complicații la stabilirea traseului și la execuție, în special la traversările căilor de comunicație.

Aducțiunea pe conducta metalică este mai convenabilă, în ceea ce privește stabilirea traseului și execuția, permite ușoare sinuozități în plan, permite îngroparea conductei spre a o feri de îngheț și nu necesită susțineri aeriene.

La stabilirea traseului aducțiunii trebuie să fie evitate cu desăvîrșire terenurile fugitive și pe cît posibil traversările de căi ferate, drumuri și ape.

Menținerea conductei deasupra solului, deși necesită izolație, termică, este mai avantajoasă decît îngroparea, fiind că permite rotirea periodică a conductei pentru a se uza uniform și evită coroziunea exterioară.

Acolo unde traseul este lung și relieful prezintă neregularități, se vor executa 2—3 profile în lung, spre a alege traseul cel mai economic din punct de vedere al susținerilor și al traversărilor obligatorii.

Scanned with OKEN Scanner

B. DIMENSIONAREA INSTALAȚIEI DE EVACUARE ȘI DECANTARE A APEI REZIDUALE CU STERIL DE LA PREPARAREA MINEREURILOR

1. Conducte de refulare și de deversare a tulburelii cu steril în suspensie; metode, nomograme și diagrame de calcul. Transportul tulburelii pe jgheab

Luînd ca exemplu o uzină de ștampare cu o capacitate de prelucrare de 1 000 t/zi, rezultă 19 000,00 m³/zi de tulbureală, din care 18 630,00 m³ apă și $\frac{1\,000}{2{,}70} = 370{,}00$ m³ steril în suspensie.

S-a luat pentru calcul, raportul solid/lichid — 1/18,6 în loc de 1/20 spre a se ține seama de neregularitățile în exploatare provenite mai ales din lipsa de apă.

Greutatea celor 19 000,00 m³ tulbureală este 18 630 + 1 000 = 19 630 t. Densitatea tulburelii este $\frac{19\,630}{19\,000} = 1{,}033$.

Debitul evacuat este $\frac{19\,000}{24} = 798{,}00$ m³/h sau rotund 800,00 m³/h (13,20 m³/min sau 220 l/s).

La dimensionarea conductei se iau în considerație următorii factori :

1) *În mișcarea tulburelii pe conductă, pot exista 3 regimuri de curgere bine definite din punct de vedere al repartiției particulelor sterilului în secțiunea curentului :*

În primul caz, particulele pot să se depună în partea de jos a conductei și la opriri să obtureze secțiunea conductei în raport cu gradul de concentrație al tulburelii în particule de steril și să formeze chiar dopuri la reluarea pompării ; un astfel de regim nu poate asigura transportul pe conductă.

În al doilea caz, la curgerea tulburelii cu o viteză apropiată de cea critică, se produce numai depunerea particulelor mai mari ; în acest caz particulele de steril sînt repartizate neuniform pe secțiunea conductei și tulbureala nu reprezintă un fluid omogen.

În cazul al treilea, la curgerea tulburelii cu o viteză mai mare decît cea critică, toate particulele de steril se mișcă pe secțiunea conductei în stare de suspensie ; practic, acesta este regimul normal de transport hidromecanic.

Spre a evita decantarea sterilului în conductă în timpul transportului așa cum s-a arătat în cap. V, se ia un coeficient de siguranță de aproximativ 3 (raportul între viteza de transport realizează în

Scanned with OKEN Scanner

conductă și viteza limită de depunere). Pentru sterilul analizat (cu diametrul sub 0,5 mm), viteza limită de depunere este de 0,62 m/s (v. tabelul V.6.). La debitul considerat de 220 l/s corespunde pentru conducta cu diametrul de 16'' o viteză de 1,87 m/s, adică coeficientul de siguranță este de $\frac{1,87}{0,62} = 3$.

2) *Uzura prin abraziune cauzată de steril*: din tabelul 28, din Manualul Inginerului de Mine, Vol. II, Secția XVI-32, rezultă că la o conductă de oțel de 400 mm diametru cu pereți de 12,6 mm grosime, uzura unui milimetru se produce prin transportul a 417 000 m³ nisip, uzura de 11 mm corespunzînd deci la 2 700 000 m³ nisip. Această cantitate este de trei ori mai mică dacă nu se rotește conducta periodic.

În cazul considerat, volumul solid transportat zilnic este $\frac{1\,000\text{ t}}{2,7} = 370\text{ m}^3$, sau 130 000 m³ anual. Deci 1 mm din peretele conductei se uzează în $\frac{417\,000}{130\,000} = 3$ ani 3 luni, iar durata conductei este de $\frac{2\,700\,000}{130\,000} = 20$ ani. Dacă nu se rotește periodic conducta, durata este de numai 20/3 = 6 2/3 ani.

Pentru considerentele arătate mai înainte, este recomandabil să se lucreze cu viteze mai mari decît 2 m/s. Pentru a combate neajunsurile cauzate de abraziune, se recomandă ca la curbe să se pună conductă cu pereți mai groși.

3) *Calculul pierderilor de sarcină datorită frecărilor în conductă*: din cele arătate mai înainte rezultă că acțiunea abrazivă a tulburelii nu numai că nu permite formarea de incrustații, dar lustruiește conducta, menținînd-o în situația unei conducte noi și fără asperități, ceea ce face ca pierderile de sarcină să fie mai reduse[1].

Pentru calculul pierderilor prin frecare se consideră lungimea conductei de refulare, inclusiv a conductei deversoare din fața iazului și ramura din aval, pînă la extremitatea acesteia, lungimea totală fiind de 1 910 m, în exemplul studiat.

La aceasta se adaugă în calcul 90 m care reprezintă echivalentul pierderilor de sarcină cauzate de armături, ramificații, coturi,

[1] S-a constatat totuși o excepție demnă de semnalat la C.T. Paroșeni în conducta de evacuare a tulburelii din cenușă și zgură s-a depus în decurs de 10 ani de exploatare un strat — ca o glazură — inelar de 22 mm grosime la bază și numai 2 mm sus; în secțiune lustruită are aspectul unui agat. Faptul că reduce secțiunea conductei, este cu prisosință compensat de avantajele conferite: protecția împotriva coroziunii și abraziunii, servind și ca izolant termic pentru conductă.

Scanned with OKEN Scanner

reducţii etc., pierderi exprimate în m H_2O. Pentru aceste pierderi se găsesc lungimile echivalente în tabele sau nomograme [25, 26 şi 47] de tipul celor arătate în fig. VIII. 4.

Lungimea totală pentru calculul pierderilor, în cazul considerat este de 2 000 m, diametrul fiind de 16″. De fapt conducta deversoare

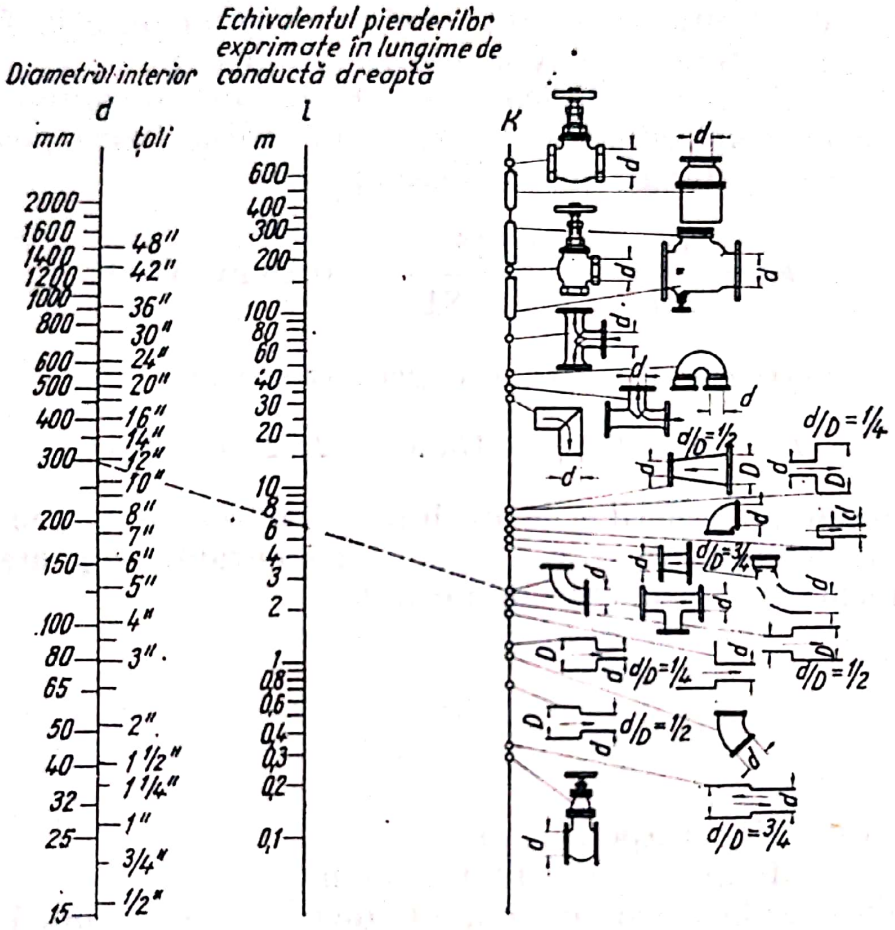


Fig. VIII. 4, Nomogramă pentru determinarea pierderilor de presiune, provocate de rezistenţa robinetelor şi a armăturilor (după uzinele Sigma — R.S.C.).

trebuie să aibă diametre descrescătoare pentru consideraţii de ordin economic, fiind totodată şi mai uşor de montat pe suporţi.

Potrivit determinărilor făcute cu ajutorul tabelelor (bazate pe formula Saph şi Shoder), pierderile de sarcină la un debit de apă limpede de 800 m^3/h pe o conductă cu diametrul de 16″ sînt de 0,76 m H_2O (la 100 m de conductă), deci pentru 2 000 m pierderile reprezintă $20 \times 0{,}76 = 15{,}20$ m H_2O.

Această valoare se majorează cu 5% pentru a se ţine seamă de viscozitatea tulburelii (necesitatea acestei majorări a fost dovedită

prin încercările descrise în cap. III, B). Deci pierderea prin frecare este $h_f = 1{,}05 \times 15{,}2 = 15{,}96$ m H_2O.

Presiunea H, pe care trebuie să o asigure pompa, este:

$$H = h_n + h_v + h_f,$$

unde: h_n este diferența dintre cota nivelului tulburelii în bazinetul de aspirație și cota conductei deversoare în faza finală a funcționării iazului, $h_n = 9$ m;

h_v — înălțimea cinetică (pierderea de presiune datorită energiei cinetice generată de viteză), care pentru conducte lungi se neglijează;

$$h_v = \frac{v^2}{2g} = \frac{1{,}87^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}19 \text{ m } H_2O;$$

h_f — pierderile de presiune prin frecare:

$$H = 9 + 0{,}19 + 15{,}96 = 25{,}25 \text{ m } H_2O.$$

Determinarea pierderilor de presiune prin frecare h_1 pentru 100 m de conductă forțată, în care circulă apă curată, se poate face cu ajutorul uneia din următoarele formule:

a) *Formula Saph și Shoder* [74]:

$$h_f = \frac{0{,}38\, v^{1{,}86}}{d^{1{,}25}},$$

în care: v este viteza apei, în m/s;
d — diametrul conductei, în m.

Formula se aplică pentru conducte de oțel în stare bună (curate). Pe baza acestei formule s-au întocmit tabele care indică pierderile prin frecare pentru diferite debite și diametre.

b) *Formula Wiliams și Hazen* [69, 75, 76, și 77]:

$$h_f = \frac{v}{1{,}318\, C\, R^{0{,}63}},$$

în care: v este viteza apei, în m/s;
C — coeficientul de rugozitate;
R — raza hidraulică.

Cu această formulă s-au calculat tabele pentru conducte de fontă și oțel în stare nouă, și pentru conducte învechite (cu 15 și cu 25 ani de serviciu).

Scanned with OKEN Scanner

Formula Williams și Hazen dă rezultate apropiate de rezultatele obținute cu formula Saph și Shoder pentru $C = 130...140$.

c) *Formula Manning* [78 și 79] este:

$$h_f = 10{,}293\, n^2 \cdot \frac{q^2}{d^{5{,}33}},$$

în care notațiile sînt la fel cu cele din formula Pavlovschi.

d) *Formula Pavlovschi* [80] este:

$$h_f = 1{,}6627\, \frac{n^2}{\left(\frac{d}{4}\right)^{2y+1} \cdot d^4},$$

în care: n este coeficientul de asperitate (0,012 pentru conducte de oțel și fontă);

q — debitul, în m^3/s;

d — diametrul interior, în m;

y — indicele care depinde de coeficientul de asperitate și de diametrul conductei.

Formula se recomandă pentru calculul conductelor de apă de diametru mic (13—150 mm) și pe baza ei s-au întocmit tabelele [88].

e) *Pentru calculele folosite în mod curent pentru conducte metalice, se poate folosi diagrama din fig. VIII.5, care a fost construită cu formula:*

$$h_f = \left[0{,}02 + \frac{0{,}0018}{vd}\right] \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

în care: v este viteza, în m/s;

d — diametrul, în m;

g — accelerația gravitației, în m/s^2.

Dacă raportul S/L este 1/20, valorile obținute cu această diagramă se majorează cu $1/20 = 5\%$, iar dacă raportul este 1/6, se majorează cu $1/6 = 16{,}6\%$.

Aceste valori sînt acoperitoare, diagrama dînd valori ceva mai mari decît formula Saph și Shoder.

Exemplul 1. Se dau: $Q = 2\,000$ l/min; $Dn = 150$ mm; $S/L = 1/20$. Din diagramă rezultă: $v = 1{,}95$ m/s; $h_f = 1{,}05 \times 3 = 3{,}15$ m H_2O. Pentru raportul $S/L = 1/6$ rezultă $v = 1{,}95$ m/s; $h_f = 1{,}166 \times 3 = 3{,}5$ m H_2O.

Scanned with OKEN Scanner

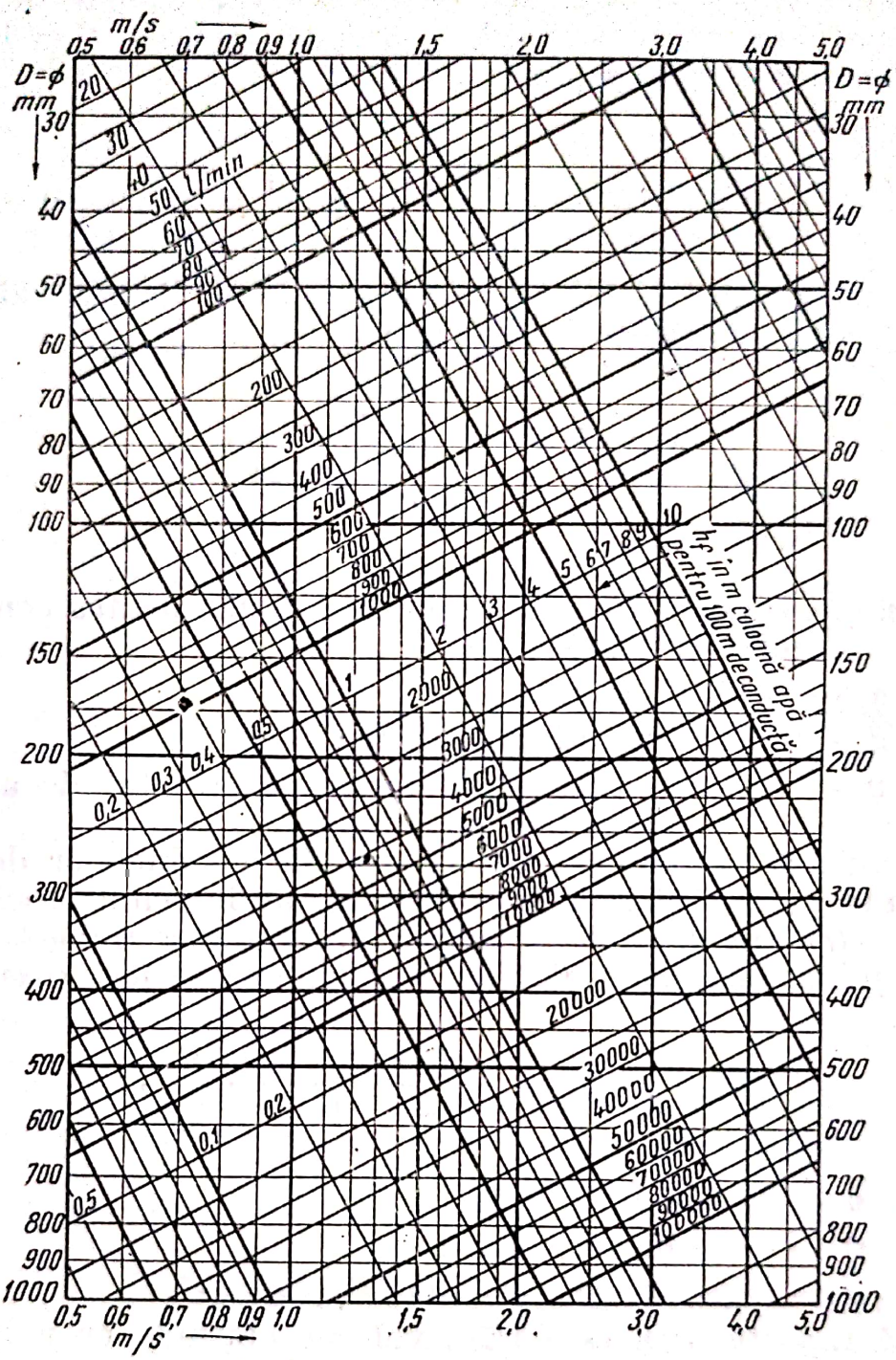


Fig. VIII.5. Diagramă pentru calculul pierderilor prin frecare în conducte forțate (după uzinele MOOR — R.D.G.); linii orizontale — diametrul conductei, în mm; linii verticale — viteza, în m/s: linii oblice urcînd de la stînga la dreapta — debitul, în l/min; linii oblice coborînd de la stînga la dreapta (h_f) — pierderi prin trecare, în m H_2O pentru fiecare 100 m de conductă.

Scanned with OKEN Scanner

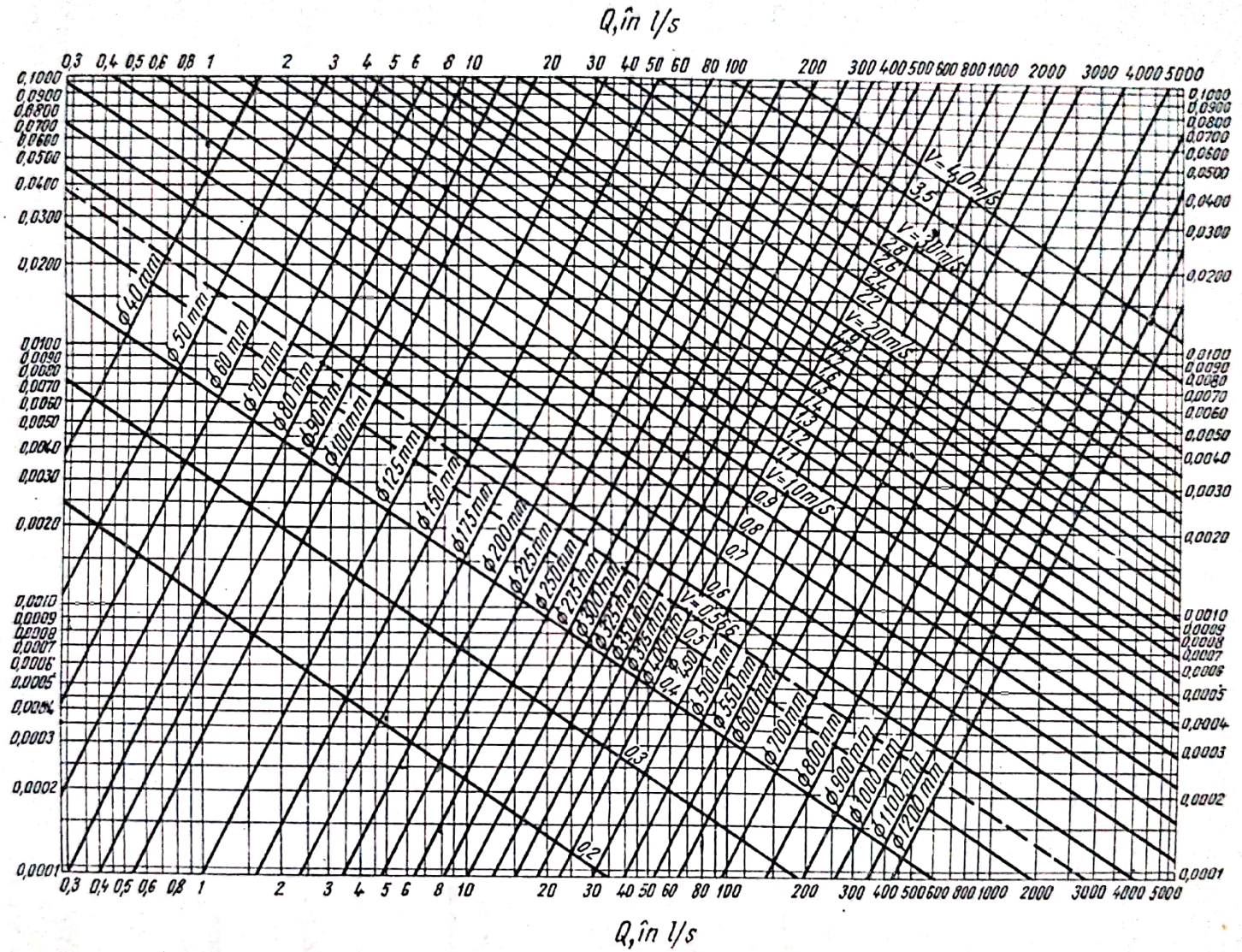


Fig. VIII.6. Diagramă pentru dimensionarea conductelor circulare (după Manning).

4) *Pentru dimensionarea conductelor de transport prin gravitaţie, se foloseşte diagrama* (fig. VIII.6) *întocmită cu formula lui Manning* :

$$Q = S\,K\,R^{2/3}\,I^{1/2},$$

în care: S este secţiunea conductei, în m^2;
K = 83 — pentru conducte metalice şi conducte de beton sclivisit;
R — raza hidraulică, în m;
I — panta hidraulică.

Folosirea acestei diagrame este îndeobşte cunoscută.

Exemplul 2. Se dau: Q=48 l/s; I=0,0065. Din diagramă rezultă D=250 mm; v=1,03 m/s.

De asemenea, se poate folosi nomograma din fig. X.7 pentru conducte cu diferite grade de umplere.

Exemplul 3. Se cere să se determine viteza şi capacitatea de transport în cazul unei conducte pline cu diametrul de 300 mm, montată cu o pantă 0,0033.

În nomograma din fig. VIII.7 se găseşte pe scala diametrelor punctul corespunzător pentru 300 mm, pe scala pantei punctul corespunzător pantei de 0,0033. Se unesc cele două puncte printr-o linie dreaptă. În punctul de intersecţie a dreptei cu scala debitelor se găseşte capacitatea de transport q_0 = 52 l/s, iar în punctul de intersecţie cu scala vitezelor, viteza v_0 = 0,74 m/s, care corespunde umplerii totale a conductei.

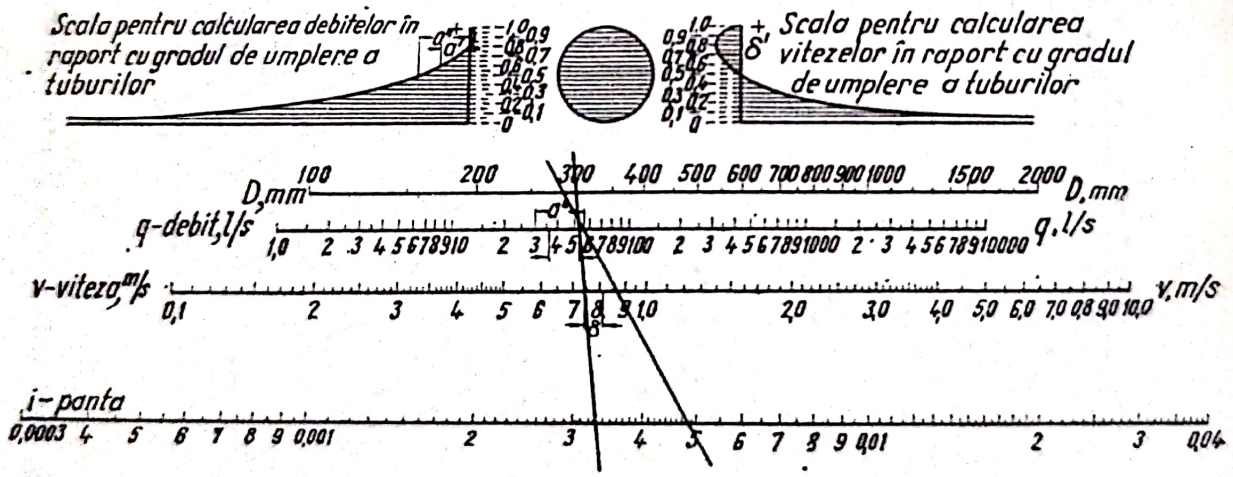


Fig. VIII. 7. Nomogramă pentru calcularea conductelor circulare (după Şişchin).

Pentru a determina capacitatea de transport a conductei şi viteza în cazul umplerii parţiale, se utilizează graficele ajutătoare : cel din stînga pentru debit şi cel din dreapta pentru viteze.

Pe curba ajutătoare a debitelor se ia cu compasul un segment a' corespunzător unei umpleri de 0,6 d şi pe curbă în faţa segmentului luat se găseşte semnul. Aceasta înseamnă că din punctul corespunzător debitului de 52 l/s pe scala debitelor trebuie să se scadă segmentul dat a' din stînga şi se obţine debitul q = 36,5 l/s.

Scanned with OKEN Scanner

În mod analog se determină viteza pe scala ajutătoare a vitezelor.

Segmentul corespunzător unei umpleri de 0,6 d este notat cu semnul + şi prin urmare el trebuie să fie adăugat la punctul corespunzător vitezei $v_0 = 0{,}74$ m/s spre dreapta. Viteza va corespunde atunci lui $v = 0{,}82$ m/s.

Exemplul 4. Se cere să se determine diametrul, viteza şi gradul de umplere la un debit de 30 l/s cu o pantă medie a terenului de 0,00482.

Se consideră gradul de umplere 0,5 d. Pe scala debitelor în punctul corespunzător debitului de 30 l/s se adaugă segmentul a'' corespunzător gradului de umplere 0,5 d (pe scala ajutătoare) şi se obţine un alt punct cu debitul de 56 l/s. Se uneşte cu o linie dreaptă acest punct cu punctul 0,00482 pe scala pantei şi la intersecţia acestei linii cu scala diametrului se obţine diametrul de 280 mm.

Deoarece după sortimentele existente nu se confecţionează astfel de conducte, se ia diametrul cel mai apropiat de 300 mm. Ducînd din punctul corespunzător diametrului de 300 mm o linie prin punctul de pe scala debitelor corespunzătoare debitului de 56 l/s, se obţine pe prelungirea acestei linii viteza 0,80 m/s (pe scala vitezelor) şi panta de 0,0039 pe scala pantelor.

Se ia panta rotunjită de 0,004. În acest caz, corecţia vitezei nu este necesară deoarece viteza în cazul umplerii pe jumătate este aceeaşi, ca şi în cazul umplerii totale.

La folosirea diagramei şi nomogramei de mai înainte se va ţine seamă ca viteza obţinută să fie de trei ori mai mare decît viteza limită de depunere corespunzătoare granulometriei sterilului transportat.

5) *La transportul sterilului prin jgheaburi, caracterul mişcării lui depinde de viteza de deplasare a tulburelii, de compoziţia granulometrică şi de greutatea specifică a sterilului, de forma şi materialul jgheabului.* Transportul se efectuează în regim turbulent.

Pentru determinarea pantei necesare jgheabului se foloseşte formula :

$$v = C\sqrt{R\,i_e},$$

în care : v este viteza curentului, în m/s ;

R — raza hidraulică, în m ;

i_e — înclinarea jgheabului ;

C — coeficientul lui Chézy, care se determină cu formula :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{g}{\sqrt{R}}},$$

g fiind coeficientul de rugozitate al jgheabului, luat din tabele [81] care pentru scînduri brute şi beton sclivisit este 0,16.

În exemplul dat în continuare se tratează cazul sterilului compus din grăunţi de barită, calcită şi siliciu.

Exemplul 5. Finețea măcinișului este de 0,3 mm, densitatea baritei este de 3,4, iar densitatea calcitei și a silicei este de 2,6.

Condiția care trebuie să fie îndeplinită de cele două corpuri cu densități diferite pentru a avea aceeași viteză de cădere în apă, adică să fie simptotice, este:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{4{,}3 - 1}{2{,}6 - 1} = \frac{3{,}3}{1{,}6}$$

$d_2 = 0{,}3$ mm diametrul grăunților de barită

$$d_1 = 0{,}3\ \frac{3{,}3}{1{,}6} = \frac{0{,}99}{1{,}6} = 0{,}62 \text{ mm}$$

Prin urmare, grăunții de barită cu diametrul de 0,3 mm au viteza limită de depunere echivalentă cu viteza limită de plutire a grăunților de siliciu cu diametrul de 0,62 mm.

La diametrul de 0,62 mm corespunde o viteză limită de depunere de 0,77 mm/s.

Debitul tulburelii evacuate este $Q = 24$ l/s sau 0,24 m³/s

Panta minimă a jgheabului pe traseu este $I = 3\%$

2 040 m³/24 h≈85 m³/h≈1 415 l/min≈23,6 l/s≈24 l/s

$Q = 24$ l/s $I = 0{,}030$; $v = 1{,}20$ m/s...normală

$$S = \frac{Q}{v} = \text{secțiunea muiată}$$

$$0{,}024 = SC\sqrt{R\ 0{,}03} = 0{,}173\ SC\sqrt{R\frac{0{,}024}{0{,}173}} = 0{,}1385\ SC\sqrt{R}$$

Pentru o viteză uzuală $v = 1{,}20$ m/s rezultă:

$$S = \frac{0{,}024 \text{ m}^3/\text{s}}{1{,}20 \text{ m/s}} = 0{,}02 \text{ m}^2$$

Jgheabul are secțiunea unui triunghi dreptunghi isoscel cu vîrful în jos și baza b orizontală.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă b este adîncimea apei și α este unghiul ce-l formează cele două laturi i ale jgheabului, perimetrul muiat este:

$$P = 2i = \frac{2h}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

$$S = h \times \frac{b}{2} = h\,h\ \mathrm{tg}\ \frac{\alpha}{2} = h^2\ \mathrm{tg}\ \frac{\alpha}{2}.$$

$$h = \sqrt{\frac{S}{\mathrm{tg}\ \frac{\alpha}{2}}} = \sqrt{0{,}02} = 0{,}1414\ \mathrm{m}$$

$$0{,}02 = 0{,}1414 \times \frac{b}{2}\ ;\ 0{,}04 = 0{,}1414 \times b;\ b = \frac{0{,}04}{0{,}1414} = 0{,}283\ \mathrm{m}$$

$$P = 2\,\frac{\sqrt{\frac{S}{\mathrm{tg}\ \frac{\alpha}{2}}}}{\cos\frac{\alpha}{2}} = 2\sqrt{\frac{S}{\frac{1}{2}\sin\alpha}}$$

$$P = 2\sqrt{\frac{0{,}02}{0{,}50}} = 2\sqrt{0{,}04} = 2\times 0{,}2\ \mathrm{m}$$

$$P = 0{,}40\ \mathrm{m};\quad i = \frac{0{,}4}{2} = 0{,}20\ \mathrm{m}$$

S-a adoptat un jgheab cu $h = 0{,}30$ m (dublul înălțimii undate) și $i = 0{,}425$ m.

Raza hidraulică: $R = \frac{S}{p} = \frac{0{,}02\ \mathrm{m^2}}{0{,}40\ \mathrm{m}} = 0{,}05$ m.

Pentru raza hidraulică $R = 0{,}05$ m și rugozitatea scîndurilor brute $g = 0{,}16$ coeficientul lui Chézy este $C = 50{,}7$.

Scanned with OKEN Scanner

Viteza rezultată pe jgheabul cu panta $I = 0{,}03$ este:

$$\begin{cases} v = C\sqrt{RI} = 50{,}70\sqrt{0{,}05 \times 0{,}03} \\ v^2 = 2\,570 \times 0{,}0015 = 3{,}85 \\ v = \sqrt{3{,}85} = 1{,}96 \text{ m/s} \end{cases}$$

Aceasta este viteza minimă pe jgheab, deci se asigură transportul tulburelii fără pericol de depunere.

Pentru calculul jgheabului, în formula care dă debitul Q în funcție de viteza v a curentului și de suprafața secțiunii muiate S, $Q = S\,v$, se introduce valoare lui v din formula de mai înainte $Q = SC\sqrt{RI}$.

Dintre formulele menționate, formula lui Manning este cea mai recomandabilă.

2. Instalația de pompare a tulburelii

În exemplul de calcul s-a văzut că presiunea totală pe care o suportă pompa este $H = 25{,}15$ m H_2O.

Puterea pompei este:

$$N_p = \frac{q\,H\gamma}{75\eta},$$

în care: $q = 220$ l/s este debitul;

$\gamma = 1{,}033$ — densitatea tulburelii;

$\eta = 0{,}60$ — randamentul pompei:

$$N_p = \frac{220 \cdot 25{,}15 \cdot 1{,}033}{75 \cdot 0{,}60} = 126 \text{ CP}.$$

Această putere se majorează cu 20% spre a ține cont de randamentul cuplajului cu motorul electric și de faptul că lichidul refulat are suspensii solide și se obține $N_m = 150$ CP $= 110$ kW.

La stabilirea valorii H nu s-a considerat înălțimea de aspirație fiind că tulbureala prezintă dificultăți din cauza suspensiilor care se depun.

S-a evitat aspirația sub vacuum introducînd, după o concepție proprie, un bazinet de aspirație care alimentează pompa ținînd-o înecată (v. planșa X.1, fig. VIII.8). Acest bazinet[1] are fundul

[1] Acesta este prevăzut cu un robinet de scurgere pentru a goli complet bazinetul în caz de oprire.

Scanned with OKEN Scanner

piramidal spre a evita depunerea sterilului; sistemul a fost generalizat şi rezultatele au fost excelente.

Acolo unde sterilul se desprinde de pe tamburul filtrelor cu vacuum sub formă de pastă, se foloseşte un malaxor cu apă pentru diluarea pastei, încît să poată fi pompată. În fig. VIII.9 se prezintă malaxorul acţionat de un motor electric prin intermediul reductorului, iar în fig. VIII.10 se prezintă ansamblul cu filtrul de pe care răzuitorul desprinde sterilul care este condus pe un plan foarte înclinat în malaxor, unde este transformat în tulbureală care curge în bazinetul de aspiraţie al pompei şi apoi este refulat pe conductă la iazul de decantare.

O astfel de instalaţie a fost proiectată şi deserveşte o instalaţie de cianuraţie cu mai multe filtre, fiecare filtru fiind echipat cu un malaxor. Tulbureala este colectată de o singură pompă.

3. Amenajarea iazului de decantare şi digul de amorsare

Pentru amorsarea iazului este necesar un dig care se execută conform planului (fig. VIII. 11 şi VIII. 12.) avînd lăţimea de 1,50 m, la coronament

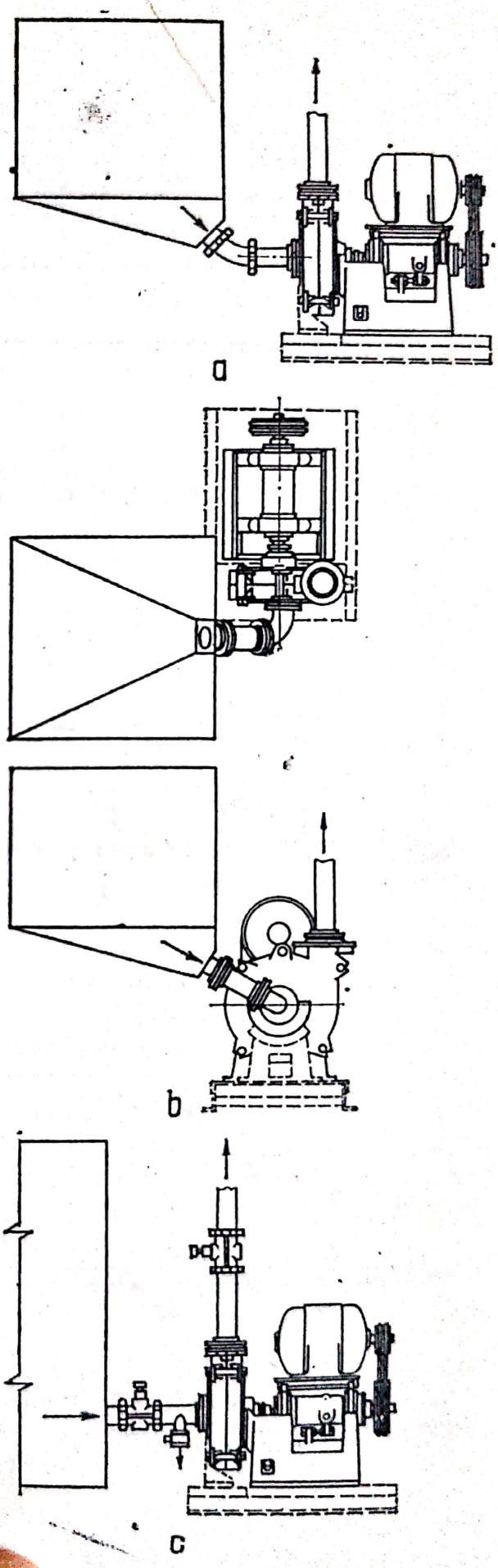


Fig. VIII.8. Bazinet cu fundul teşit şi legătura cu pompa.

Scanned with OKEN Scanner

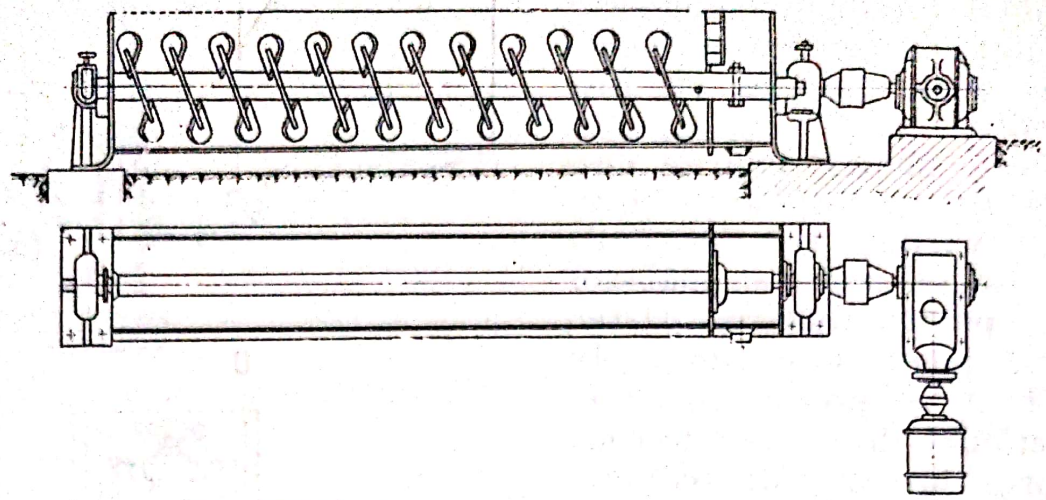


Fig. VIII.9. Malaxor pentru diluarea sterilului.

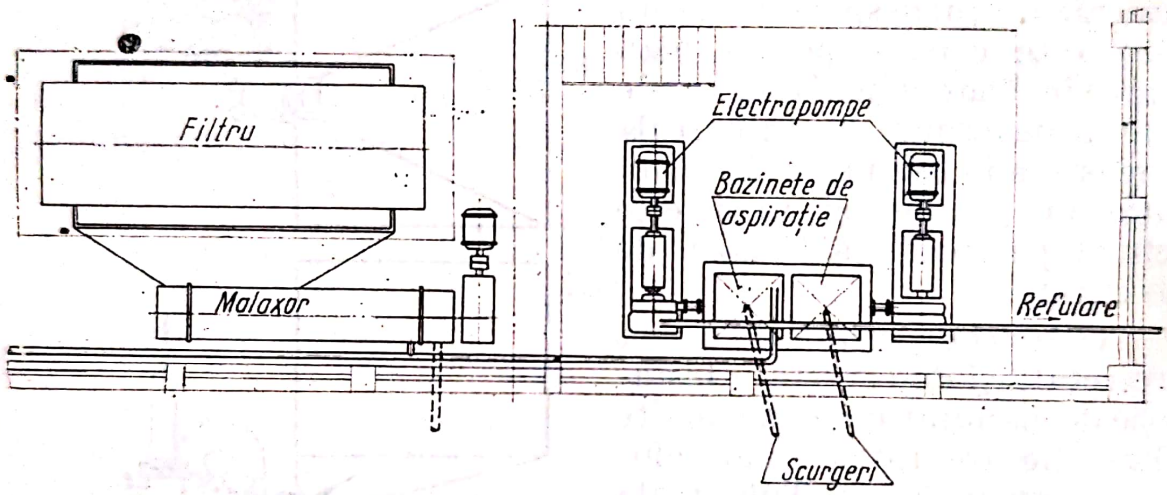


Fig. VIII.10. Ansamblu filtru, malaxor, pompă.

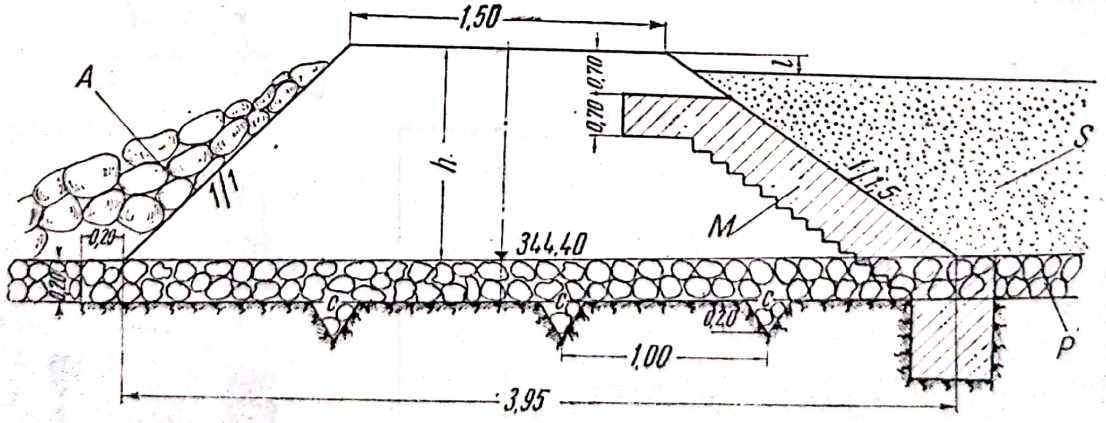


Fig. VIII.11. Profilul digului de amorsare :

M — mască impermeabilă de argilă; *1* — înălţimea liberă 0,30 m, săpătură 1,03 m²; umplutură 3,22 m², anrocament 0,55 m²; *S* — steril depozitat; *A* — anrocamente; *C* — canal longitudinal drenant; *P* — pat drenant.

Scanned with OKEN Scanner

şi taluzurile cu înclinările de 1/1,5 pentru faţa udată şi 1/1 la exterior. Înălţimea se ia de 1,00 m sau mai mare, după condiţiile reliefului.

Gropile de împrumut pentru extragerea pământului necesar umpluturii se vor executa în interiorul iazului de decantare, ţinînd

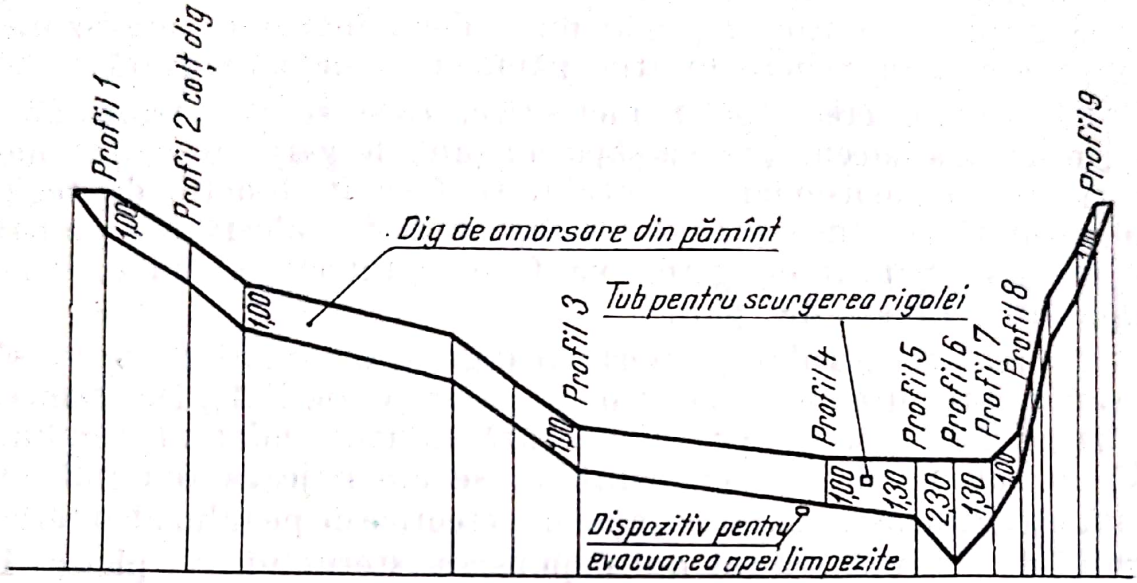


Fig. VIII.12. Profil desfăşurat al digului de amorsare.

seamă ca în jurul sondelor inverse să nu se depăşească cotele indicate în proiect. În caz contrar, funcţionarea pompelor, în faza iniţială, este influenţată defavorabil.

Gropile de împrumut vor fi plasate la cel puţin 8 m distanţă de piciorul digului.

Înainte de scoaterea pământului, se va face pregătirea carierei prin îndepărtarea pământului vegetal sau necorespunzător pentru umplutura digului.

Pământul care se transportă în masa digului, va fi în prealabil sfărîmat şi aşezat în straturi de 10—20 cm bine bătute cu maiul, mecanic sau manual. Se va da toată atenţia ca umplutura digului să fie constituită dintr-o masă omogenă de pământ care să nu conţină bolovani, rădăcini de arbori, materii vegetale etc.

Întrucît cel mai bun pământ pentru obţinerea unui dig impermeabil este cel argilo-nisipos, se va căuta, pe cît posibil, ca masa digului să conţină astfel de pământ.

Pentru o bună legare a straturilor, este bine ca fiecare strat de 10 cm să fie stropit cu lapte de var sau de ciment. Dacă pământul este suficient de umed, varul sau cimentul se vor presăra sub formă de pulbere.

Scanned with OKEN Scanner

Masca impermeabilă din argilă se execută în straturi orizontale şi baterea se face după aceleaşi reguli ca şi la corpul de umplutură. Se va evita însă, ca aşezarea stratului de argilă să se facă concomitent cu umplutura digului. Stratul de argilă nu trebuie să rămînă descoperit, expus la îngheţ care ar provoca fisuri.

Trebuie, de asemenea, să se precizeze că, iniţial, înălţimea digului va fi cu cel puţin 10% mai mare decît înălţimea prevăzută în proiect, avînd în vedere tasarea pămîntului de umplutură.

Pentru abaterea apelor meteorice, care se colectează de pe povîrnişurile adiacente, se va săpa un şanţ de gardă deasupra incintei iazului. Dimensionarea şanţului se face în funcţie de regimul ploilor torenţiale din regiune, de suprafaţa de colectare şi de panta povîrnişului. Şanţul de gardă va fi bine întreţinut înlăturîndu-se umplutura adusă de ploi.

Pe baza conturului periferic al digului de amorsare se va săpa un şanţ pentru drenarea apelor de pe taluz (v. fig.X.1). De asemenea, pe bancheta de steril care flanchează taluzul udat al digului, la 0,30 m sub nivelul coronamentului, se amenajează o rigolă cu o pantă uşoară pentru scurgerea apelor meteorice de pe taluzul exterior al digului de centură înălţat din depunerea sterilului (v. planşa I.1). Apele meteorice sînt evacuate printr-un tub de beton care străbate corpul digului la 0,50 m sub coronament (v. fig. VIII.12) şi sînt conduse în şanţul periferic, menţionat mai înainte.

Experienţa dobîndită la unele instalaţii de decantare proiectate, executate şi aflate în funcţiune, a permis să se stabilească că nu sînt necesare taluzuri de 1/2—1/4 cum prevăd manualele pentru iazuri şi baraje [44, 45 şi 46] şi s-a ajuns la un profil foarte economic (v. fig. VIII.11). Acest lucru este posibil întrucît faţa udată a digului se căptuşeşte cu steril şi după faza de amorsare taluzul nu mai suferă acţiunea apei, datorită colmatării taluzului. În cadrul proiectării se execută profilul desfăşurat al digului (v. fig. VIII.12) şi o serie de profile transversale prin dig. Se reproduce numai un singur profil (v. fig. VIII.11). Cu ajutorul acestor profile şi a distanţelor dintre ele, se calculează mişcările terasamentelor (tabelul VIII.2).

Întrucît digul de centură din steril se înalţă cu un unghi de taluz cu 1—2° mai mic decît taluzul natural al sterilului, nu pot avea loc alunecări din corpul digului şi în consecinţă nu se ia în consideraţie nici stabilitatea digului de amorsare.

Patul iazului se colmatează şi el după un timp, făcîd posibilă acumularea apei limpezite pentru recircuitare în caz de nevoie.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul VIII.2. **Mişcarea terasamentelor**

Nr. profilului transversal	Distanţa între profiluri m	Distanţa medie m	Suprafaţa m²			Volumul m³			Taluzul interior		Taluzul exterior	
			Săpăturii	Umpluturii	Argilei	Săpăturii	Umpluturii	Argilei	Lungimea m	Suprafaţa m²	Lungimea m	Suprafaţa m²
	7											
1	30,50	18,75	1,24	3,74	0,75	23,25	70,12	14,06	1,80	33,75	1,44	26,80
2		52,00	1,04	3,30	0,50	54,10	171,60	26,00	1,08	56,20	2,20	114,30
	73,50											
3		65,50	1,20	3,70	0,75	78,60	242,35	49,12	1,80	117,90	1,40	91,70
	57,50											
4		37,00	1,03	3,22	0,66	38,11	118,94	24,42	1,68	62,12	1,48	54,76
	16,50											
5		12,25	1,07	4,65	0,75	13,10	56,96	9,18	2,00	24,50	2,12	25,97
	8,00											
6		8,50	1,64	10,50	1,00	13,94	89,25	8,50	2,95	25,07	4,40	37,40
	9,00											
7		7,50	1,23	4,56	0,85	9,22	34,20	6,37	2,36	17,70	11,84	13,80
	6,00											
8		11,50	1,04	3,10	0,66	11,96	35,65	7,47	1,80	20,70	1,44	16,56
	17,00											
		10,25	1,04	3,10	0,66	10,66	31,77	6,76	1,80	18,45	1,44	14,76
			Total	—	—	252,94	850,84	151,88	—	376,43	—	396,05

Recomandări :

1) Cînd probele de filtrare indică o colmatare mai redusă, se recomandă ca lăţimea plajei de aluvionare să fie mai mare (de ordinul zecilor de metri), pentru a apărea zona marginală a digului de acţiunea presiunii hidrostatice (generată de hidroecran) care ar putea provoca străpungeri.

2) Dacă patul iazului nu este filtrant, se creează de la început drenuri sub digul de amorsare.

C. EVACUAREA HIDROMECANICĂ ŞI DEPOZITAREA CENUŞII ŞI A ZGUREI DE LA CENTRALA TERMOELECTRICĂ PAROŞENI PRIN PROCEDEUL „DEPUNERII SUBACVATICE DIRIJATE"

1. Elemente de calcul

Cantitatea de cenuşă plus zgură care se evacuează într-un an este de 680 000 t; în medie ar reveni 1 900 t/zi, sau 80 t/h.

Tot prin temă se indică cantitatea maximă evacuată — 114 t/h.

Scanned with OKEN Scanner

Potrivit determinărilor făcute de laboratorul L.C.S.E. rezultă:

$g_c = 2{,}15$ t/m³ este greutatea specifică a cenușii, cenușa reprezentînd 80% din total

$g_s = 0{,}64$ t/m³ este greutatea specifică a zgurii, zgura repezentînd 20% din total

$g_m = 1{,}85$ t/m³ este greutatea specifică medie (pentru steril = cenușă plus zgură)

Volumul maxim al sterilului în suspensie: $\frac{114{,}00 \text{ t}}{1{,}85 \text{ t/m}^3} = 63 \text{m}^3/\text{h}$.

Prin analogie cu flotațiile de preparare a minereurilor folosind raportul $S/L = 1:3$ rezultă:

Greutatea tulburelii evacuată orar:
3 m³ apă × 114 = 342 m³ apă + 114 t = 456 t/h
Volumul tulburelii evacuate:
342 m³ apă + 63 m³ steril = 405 m³/h
Densitatea tulburelii:
$d = \frac{456}{405} = 1{,}12$ t/m³

Raportul $S/L = 1:3$ este cu totul acoperitor fiindcă se referă la situații de vîrf cu cantitatea maximă 114 t/h.

Dacă în același volum de tulbureală 405 m³/h este conținută cantitatea medie adică 80 t/h, respectiv $\frac{80 \text{ t}}{1{,}85 \text{ t/m}^3} = 43$ m³/h în acest caz avem:

Volumul = 405 m³ tulbureală = 43 m³ steril + 362 m³ apă, adică un raport $S/L = 1:4{,}5$, ceea ce oferă condiții excelente pentru transportul sterilului pe conductă.

Densitatea medie a tulburelii este:

$$\frac{362 + 80}{405} = \frac{442}{405} = 1{,}09 \text{ t/m}^3.$$

Pentru dimensionarea instalației se va lua în considerație debitul de tulbureală 405 m³/h, adică 405 000 l/h; sau 6 750 l/min; sau 112 l/s.

Scanned with OKEN Scanner

Potrivit analizei granulometrice (I.C.S.E.), sterilul analizat are diametrul sub 0,35 mm.

La această granulaţie corespunde o viteză limită de plutire de 0,42 m/s pentru cuarţ (P. Diacov). Aceasta este o valoare acoperitoare avînd în vedere că greutatea specifică a cenuşii este 2,15 faţă de 2,70 a cuarţului. În tulbureală scapă şi granule de zgură mai mari, dar greutatea specifică a zgurii este 0,64.

La debitul considerat de 112 l/s corespunde pentru conducta cu diametrul de 12″ o viteză de 1,52 m/s (conform tabelului 15, pag. 769 din Zaba şi Doherty), adică un coeficient de siguranţă de $\frac{1{,}52}{0{,}42} = 3{,}6$, mai mare decît 3, cît prevăd manualele de specialitate.

La debitul de 112 l/s, într-o conductă nouă de oţel cu diametrul de 12″ pierderile prin frecare pentru apă pe 100 m lungime, la viteza de 1,52 m/s sînt $h_f = 0{,}75$ m H_2O.

Potrivit raportului $S/L = 1:3$ valoarea lui h_f se majorează cu 1/3 devenind $= 0{,}75 + 0{,}25 = 1$ m H_2O.

Deci, pentru lungimea conductei de refulare (1 300 m), plus conducta deversoare (800 m — în situaţia de deversare cea mai defavorabilă), plus 100 m — lungimea echivalentă pentru pierderile la coturi şi armături, pierderile de sarcină reprezintă $h_f = 22$ m H_2O.

Cota amplasamentului pompei fiind 612 m, iar cota amplasamentului iazului 622 m, rezultă $h_n = 10$ m.

Ţinînd cont că înălţimea de refulare a unei pompe cu un singur etaj este $H = 56$ m, în prima etapă se va putea obţine depozitarea de steril pe o înălţime de:

56 m — 22 m — 10 m = 24 m (în amplasamentul de jos).

Volumul sterilului depozitat în iaz într-un an este:

$$\frac{680\,000}{1{,}5} = 450\,000 \text{ m}^3.$$

Depozitul atinge cota 622 + 24 = 646 m după circa 4 ani de funcţionare; prin coborîrea amplasamentului spre şosea se mai cîştigă circa 4—5 m realizînd o durată de înmagazinare de circa 5 ani în prima etapă.

Puterea pompei :

$$N = \frac{d\ Hq}{75 \times 0{,}6} = \frac{1{,}12 \times 56 \times 112}{45} = 145\ \text{CP} = 110\ \text{kW}$$

$q = 112$ l/s

$H = 56$ m H_2O

$d = 1{,}12$

În alternativa cu raportul $S/L = 1:10$ rezultă :

80 m³ apă $\times 10 + 80$ t steril $= 880$ t/h

sau :

800 m³ apă + 43 m³ steril = 843 m³/h sau 14,10 m³/min

sau :

235 l/s sau 20 100 m³/24 h

Densitatea tulburelii : $\frac{880}{843} = 1{,}04$ t/m³.

La debitul considerat de 235 l/s, corespunde în conducta cu diametrul de 16'' o viteză de 2,50 m/s și o pierdere de sarcină de 0,414 m H_2O la 100 m de conductă; potrivit raportului $S/L = 1:10$ se majorează cu 10% și devine $h_f = 0{,}455$ m H_2O.

Pierderea totală de sarcină pe 2 200 m (conductă refulare + deversare + echivalentul pentru pierderi în coturi și armături) este $22 \times 0{,}455 = 10$ m H_2O, care adunată cu diferența de nivel $h_n = 10$ m și scăzute din H (înălțimea de refluare a pompei) dau înălțimea depozitului de steril;

$$56\ \text{m} - 10\text{m} - 10\text{m} = 36\ \text{m sau } 24\ \text{m},$$

în alternativa cu conducta de 12'' diametru, față de care rezultă un surplus de 12 m înălțime de depozitare, adică cu 50% mai mult.

În schimb, puterea pompei este :

$$N = \frac{233 \times 56 \times 1{,}04}{0{,}60 \times 75} = 290\ \text{CP sau } 220\ \text{kW},$$

adică dublu față de alternativa cu conducta de 12'' diametru.

Depozitul atinge cota 622 + 36 = 658 m cu o singură treaptă de pompare prin coborîrea amplasamentului cu 4 m spre șosea s-ar obține o înălțime de depozit de 36 + 4 = 40 m.

Pentru aceste considerente se recomandă amplasamentul de jos.

Scanned with OKEN Scanner

Amplasamentul de sus are avantajul că evită expropierile, dar necesită o repompare, ceea ce constituie o soluţie tehnică neraţională.

Depozitul de steril de pe acest amplasament ar fi expus unei eroziuni violente în cazul unei ruperi de nori, ceea ce ar provoca străpungeri de dig şi viituri masive, de material, pe versant, peste gospodăriile din aval.

2. Deversarea şi limpezirea tulburelii

Pentru decantarea particulelor de finețea 0,003 mm indicată în curba granulometrică de I.C.S.E., este necesar ca deversarea să se efectueze astfel ca aceste particule să fie vehiculate prin hidroecran (saltea de apă) cu o viteză mai mică decît viteza limită de plutire a particulelor de această mărime.

Potrivit P. Diacov, particulele extrem de fine 0,0009 mm au o viteză limită de plutire de 0,0015 m/s; această viteză va asigura decantarea particulelor analizate — de mărimea 0,003 mm.

Folosind formula:

$$v = \frac{q\ [m^3/s]}{S\ [m^2]} = 0{,}0015\ \text{m/s},$$

în care: $q = 0{,}112\ m^3/s$;
$S = h \times L$ este secţiunea frontală a hidroecranului;
h — înălţimea hidroecranului;
L — latura frontală a hidroecranului, adică lungimea tronsonului de conductă pe care se face deversarea; se obţine lungimea L pentru diferite înălţimi de lucru ale hidroecranului.

Lucrînd cu un hidroecran de o grosime medie $h = 0{,}30$ m rezultă o lungime de front de deversare:

$$L = \frac{0{,}112\ m^3/s}{0{,}30\ m \times 0{,}0015\ m/s} = 250\ \text{m}.$$

Dacă se lucrează cu o grosime de hidroecran de 0,50 m rezultă o lungime de front (tronson) de deversare de 150 m.

Din formula $t = l/v$ (în care t este timpul de decantare din diagramă = 60 min = 3 600 s, iar v — viteza sub care decantează particulele extrafine = 0,0015 m/s, se obţine lăţimea hidroecranului $l = t\ v = 3\,600\ s \times 0{,}0015\ m/s = 5{,}20\ m$.

Scanned with OKEN Scanner

Suprafața de limpezire pentru diferite lungimi și grosimi de ecran este :

$$\begin{cases} S = 5{,}20\ \text{m} \times 150{,}00\ \text{m} = 780{,}00\ \text{m}^2, \text{ pentru } h = 0{,}50\ \text{m} \\ S = 5{,}20\ \text{m} \times 250{,}00\ \text{m} = 1\,300{,}00\ \text{m}^2, \text{ pentru } h = 0{,}30\ \text{m} \end{cases}$$

Deoarece t este foarte redus, oferă avantajul că se poate micșora S, care permite reducerea lui L și h.

Un tronson de deversare scurt este mai economic și supravegherea este mai ușoară.

Reducerea înălțimii hidroecranului este un factor deosebit de important în cazul de față, evitînd astfel infiltrațiile prin taluzul digului de centură, care ar fi generate de presiunea hidrostatică exercitată de h.

În faza de amorsare a iazului de decantare se vor definitiva h și L.

Pe conducta deversoare se practică orificii din 25 în 25 m, la care se sudează ștuțuri cu diametrul de 3″ de care se atașează furtunul de repartiție prevăzut cu labă de gîscă pentru crearea stratificației încrucișate[1].

Conducta deversoare se montează pe o estacadă de lemn la înălțimea de circa 10 m, asigurîndu-i-se o pantă de $5^0/_{00}$, pentru golirea zestrei conductei în caz de oprirea pompării.

Înălțimea estacadei este în funcție de mutarea conductei deversoare.

Prin coborîrea amplasamentului lîngă șosea, se mărește și intervalul de timp la care se face schimbarea estacadei.

Întrucît pericolul depunerilor pe conductă este redus, cenușa și zgura fiind suspensii ușoare și raportul S/L foarte avantajos (1 :10), se poate economisi costul eșafodajului de susținere a conductei deversoare; în acest scop se plasează conducta pe sol (asigurîndu-i-se panta de $5^0/_{00}$) și se echipează ștuțurile de scurgere cu racorduri de stins incendiu, la care se atașează furtunuri de cauciuc prevăzute cu dispozitive labă de gîscă pentru deversarea tulburelii.

Racordurile de stins incendiu sînt standardizate și se execută în dimensiuni de 1″; 2″; $2^1/_2$″ și 4″, care permit înnădirea a două furtunuri; de asemenea, se execută capace pentru dimensiunile respective.

Dacă un furtun se înfundă, se detașează imediat, se pune capac la racordul ștuțului respectiv; după ce se curăță furtunul se atașează din nou la ștuț și se reia deversarea.

[1] În decursul exploatării s-a constatat că nu sînt necesare ștuțuri și labe de gîscă, deoarece zgura este ușoară și nu se depune diferențiat, ci se repartizează pe o suprafață foarte întinsă, și spre interiorul iazului.

Scanned with OKEN Scanner

Folosirea acestui utilaj la deversarea tulburelii prezintă următoarele avantaje :

1) *Se elimină eşafodajul de susţinere a conductei deversoare şi jgheaburile de repartiţie a tulburelii, a căror manipulare este mai anevoioasă decît a furtunurilor; se elimină de asemenea montajul conductei deversoare pe eşafodaj*
2) *Prin înnădirea şi prelungirea furtunurilor pe taluzul digului se obţin etape mari de deversare cu supraînălţări de dig corespunzătoare (circa 10 m), mărind astfel intervalul la care trebuie mutată conducta deversoare (ridicarea ei pe dig)*
3) *Prin folosirea furtunurilor lungi se măreşte şi distanţa dintre ştuţuri de la 3 la 10 m, ceea ce este mai economic*

Deoarece transportul tulburelii pe o conductă se face la presiune joasă, apare posibilă folosirea conductelor de mase plastice, cu fitingurile şi armăturile necesare.

Folosirea conductelor de mase plastice cu densitate mare prezintă următoarele avantaje :

1) *Sînt rezistente la coroziune şi abraziune; nu necesită izolare*
2) *Fiind mult mai uşoare (ca greutate) se manipulează mai uşor la montaj, iar susţinerile sînt mai puţin costisitoare*

Concluzii. Parametrii obţinuţi prin determinările de laborator duc la concluzia că în condiţiile prezentate este posibilă evacuarea hidromecanică şi obţinerea digului de centură prin *„stratificaţie încrucişată în solzi"* a cenuşii şi zgurii aflate în suspensii în tulbureală.

Pentru garantarea stabilităţii şi pentru consolidarea depozitului de cenuşă şi zgură, se va menţine un unghi de taluz de 30° la digul de centură şi se va asigura o drenare efectivă a sedimentului spre a se evita infiltraţiile prin digul de centură şi crearea de feţe de alunecare pe patul depozitului.

Tulbureala, în cazul Paroşeni, a marcat cea mai rapidă filtrare în comparaţie cu toate tulburelile întîlnite în industria extractivă, indicînd prin aceasta lipsa proprietăţilor de colmatare. Din această cauză, în timpul operaţiilor de aluvionare a plajei, nu se va obţine colmatarea digului de centură; în consecinţă se realizează o textură permeabilă, ocazionînd infiltraţii prin taluzul exterior.

Scanned with OKEN Scanner

În această situaţie este necesar să se efectueze deversarea tulburelii pe o plajă foarte lată, iar grosimea „hidroecranului" să fie redusă la strictul necesar pentru limpezire; dacă „hidroecranul" are o înălţime foarte mică, deci o presiune hidrostatică foarte redusă, şi este situat mai departe de periferia digului de centură, se evită infiltraţiile prin taluz, care antrenează materialul foarte fin putînd provoca străpungerea digului de centură.

În faza incipientă — din cauza texturii permeabile şi a sterilului care nu conţine substanţe cu proprietăţi de colmatare — este foarte dificilă crearea hidroecranului; aceasta va fi posibil după ce se va colmata cu particule foarte fine patul iazului în zona adiacentă „sondelor inverse".

Neajunsurile semnalate mai înainte cu privire la lipsa de etanşeitate a digului de centură, fac necesară drenarea efectivă a depozitului de steril în ansamblu, pentru a consolida bordura iazului. În acest scop, va fi prevăzută o reţea de drenuri de tip adecvat amplasate în patul iazului de decantare şi sub digul de centură.

Spre a asigura drenarea apei de la diferite niveluri ale depozitului de steril — pe măsura înălţării sterilului în iaz — va fi prevăzută o serie de drenuri verticale de tip amovibil.

3. Măsuri pentru buna funcţionare a instalaţiei de evacuare şi depozitare a cenuşii şi zgurii de la centrala termoelectrică Paroşeni

Factorii care condiţionează buna funcţionare a instalaţiei sînt următorii :

1) *Granulometria sterilului* (*zgură-cenuşă*) : la sorbul pompelor de refulare nu trebuie să ajungă bucăţi de zgură mai mari ca 1 cm în diametru. Cu ajutorul grătarelor de protecţie se va evita pătrunderea corpurilor străine la aspiraţia pompelor.

2) *Debitul tulburelii* (*apă + zgură + cenuşă*) : în conducta de refularea tulburelii trebuie să se menţină un regim de debit care să asigure o viteză minimă de 1 m/s, spere a se evita depunerile de zgură.

Pe conducta de refulare se va prevedea din sută în sută de metri, un dop cu cap pătrat şi filet (pe partea superioară). Aceste dopuri servesc la desfundarea conductei, pompînd apă printr-unul din orificii şi deschizînd orificiul vecin; o vînă subţire de apă îşi face loc pe partea superioară a conductei de-a lungul generatricei, antrenînd sterilul pînă la completa desfundare.

Rotirea conductei de refluare cu 120° se va face numai atunci cînd se vor produce primele perforări din cauza abraziunii şi coroziunii.

Scanned with OKEN Scanner

3) *Deversarea tulburelii* : pentru a uşura operaţiile de exploatare, conductele deversoare se montează pe suporţi sau pe estacade de lemn, amplasate pe digurile de amorsare care închid văile Radon şi Ijak (fig. VIII.13).

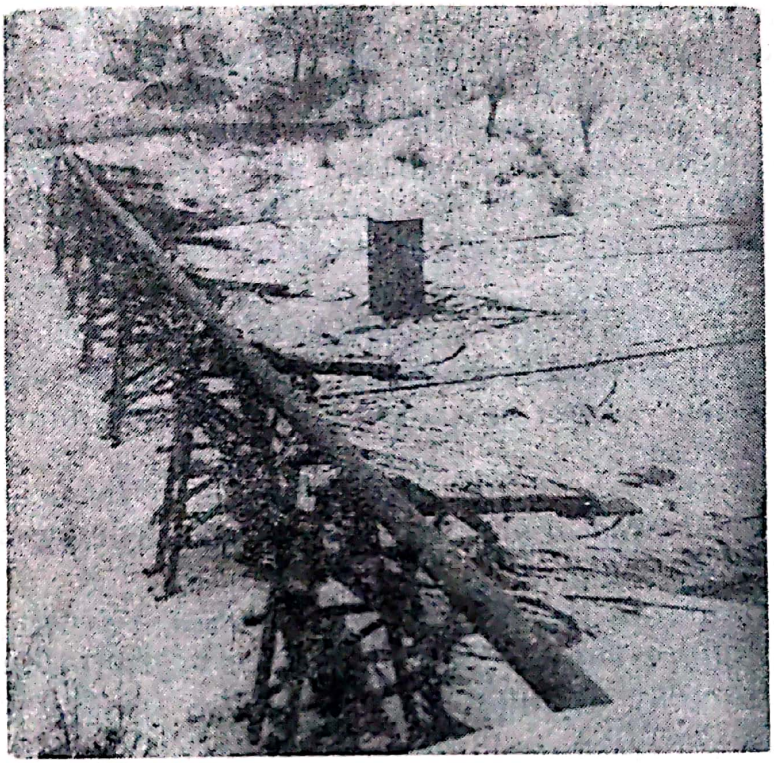


Fig. VIII.13. Deversarea tulburelii cu cenuşă şi zgură. Estacada din lemn, conducta deversoare şi jgheaburile de repartiţie cu labă de gîscă (Paroşeni).

Estacada de lemn are înălţimea de 1,00 m la primul ştuţ, iar pînă la ultimul ştuţ al conductei deversoare înălţimea estacadei descreşte la 0,60 m, asigurînd astfel conductei deversoare o pantă de 6 ‰, necesară pentru golirea zestrei cînd se opreşte pomparea, sau cînd conducta este în repaus.

Debitul conductei cu diametrul de 400 mm este preluat de 14 furtunuri de 4″ pentru repartiţia tulburelii (capătul conductei deversoare se obturează cu o blindă), viteza în furtun fiind 1,70 m/s ca în conductă.

Ambele conducte deversoare sînt prevăzute cu cîte 14 ştuţuri (distanţa dintre două ştuţuri este de 25,00 m), la care se racordează furtunurile pentru repartiţia tulburelii.

În locul jgheaburilor de repartiţie se folosesc furtunuri de 4″ cu racorduri STAS 703-65, care permit înnădirea şi prelungirea furtunurilor.

Un capăt al furtunului se racordează la ştuţ, iar celălalt capăt este ataşat la laba de gîscă care serveşte la disiparea tulburelii.

Pentru o uşoară manipulare şi pentru asigurarea stabilităţii, laba de gîscă este montată într-un trepied.

4) *Protecţia digului de amorsare* : se vor evita scăpările de tulbureală sub conducta deversoare la flanşe şi racorduri (ştuţ-furtun).

Taluzul aval se înierbează, iar pe taluzul amonte se creează o banchetă de steril pînă la 0,40 cm sub nivelul coronamentului, deversarea tulburelii efectuîndu-se simultan prin furtunuri pe toată lungimea digului, spre a se evita crearea unei presiuni hidrostatice, care ar putea cauza infiltraţii în masa digului şi străpungeri. La piciorul amonte, pe toată lungimea digului, se va prevedea un dren cu evacuare pe sub dig — în aval.

5) *Bordura de închidere a iazului* : pe bancheta digului de amorsare, la 3,00 m distanţă de coronament, cu lopata se realizează un prag de steril înalt de 3—5 cm în spatele labei de gîscă, pentru a împiedica eventualele scurgeri.

Se începe deversarea tulburelii prin 14 furtunuri, ale căror labe de gîscă dispersează jetul de tulbureală în formă de evantai, dirijîndu-l spre interiorul iazului.

Concomitent cu dispersarea şi reducerea vitezei jetului de tulbureală, se produce depunerea subacvatică a grăunţilor de steril care se sortează diferenţiat, dimensiunile lor descrescînd de la periferie spre interiorul iazului.

Datorită acestei variaţii laterale în sediment, prin depunerea grăunţilor de diametru mai mare la periferie şi a celor mai mici spre interior, se formează în iazul de decantare o plajă cu o uşoară înclinare spre interior, a cărei cotă se ridică treptat.

Înălţarea plajei se produce pe măsură ce se efectuează aluvionarea ei cu steril din tulbureala deversată de laba de gîscă.

Ca urmare a dispersării în evantai a jetului de tulbureală se produce depunerea sterilului în formă de solzi cu sortarea granulometrică diferenţiată amintită mai înainte.

Pentru a evita formarea de conuri de steril se deplasează laba de gîscă într-o parte şi alta pînă la întîlnirea cu materialul depus de laba de gîscă a furtunului vecin. Pentru obţinerea stratificaţiei încrucişate — în solzi — laba de gîscă este deplasată nu numai lateral, dar şi înainte şi înapoi. Practic se schimbă la anumite intervale-timp poziţia labei de gîscă, aşezînd-o în diferite puncte rectilinii, conform figurii alăturate.

Pe măsura înălţării plajei, se înalţă cu lopata şi pragul de steril din spatele labei de gîscă cu cîte 3—5 cm, dîndu-i un taluz ceva mai

Scanned with OKEN Scanner

mic decît unghiul de frecare interioară a sterilului (determinat de laboratorul geotehnic) aceasta constituind taluzul exterior al bordurii de închidere a iazului.

Forma evazată în labă de gîscă serveşte la dispersarea în plan şi la distrugerea energiei cinetice a jetului de tulbureală, altfel jetul ar cauza erodarea plajei, formînd ochiuri în punctul de deversare şi provocînd şiroeri pe faţa plajei, care ar avea ca rezultat realizarea unui dig de centură cu textură eterogenă.

Laba de gîscă serveşte totodată la dirijarea jetului de tulbureală pe faţa plajei spre interiorul iazului, evitînd scurgerile pe taluzul exterior al digului de centură.

Dacă un furtun se înfundă, se detaşează imediat, se pune capac la racordul ştuţului respectiv ; după ce se curăţă furtunul se ataşează din nou la ştuţ şi se reia deversarea.

Prin înnădirea şi prelungirea furtunurilor pe taluzul digului se obţin etape mari de deversare cu supraînălţări de dig corespunzătoare — circa 10 m — mărind astfel intervalul la care trebuie mutată conducta deversoare (ridicarea ei pe dig).

Prin ramificaţiile conductei deversoare, prevăzute cu ştuţuri de 6″ se conduce tulbureala spre interiorul iazului pentru a umple concavitatea care se formează din cauză că sterilul cu granulaţia mai mare se depune la periferie.

Tulbureala ajunsă în iazul de decantare depune sterilul în suspensie. Parcurgînd distanţa de la periferie pînă la centrul iazului, apa se limpezeşte şi este evacuată prin puţul deversor fiind condusă prin conducta de evacuare în rîu.

Pentru a asigura limpezirea apei se menţine în iaz un hidroecran care poate fi realizat chiar din faza incipientă.

Grosimea minimă a hidroecranului care asigură limpezirea apei se va determina prin observaţii şi prin măsurători directe la intrarea în funcţiune a instalaţiei de decantare.

În epoca îngheţului, sondele inverse se înalţă pentru a se obţine în iaz un nivel de apă mai mare (un hidroecran mai gros) în vederea depozitării sterilului sub gheaţă, deoarece sedimentul depus dislocă apa şi înălţimea hidroecranului nu trebuie să fie redusă sub grosimea minimă la care este asigurată limpezirea apei.

Conducerea deversării în vederea epocii de îngheţ trebuie să fie făcută toamna, încît să asigure un volum cît mai mare la fundul cuvetei pentru înmagazinarea sterilului depus sub gheaţă, menţinînd în acest timp un *hidroecran* cu grosimea suficientă care să asigure limpezirea.

Scanned with OKEN Scanner

6) *Permeabilitatea şi stabilitatea sedimentului depozitat* : încercările de laborator au arătat că tulbureala de la C.T. Paroşeni a marcat cea mai rapidă filtrare în comparaţie cu toate tulburelile întîlnite în industria extractivă, indicînd prin aceasta foarte reduse proprietăţi de colmatare. Din această cauză, în timpul operaţiilor de aluvionare a plajei, nu se va obţine decît o colmatare parţială a digului de centură; în consecinţă acesta va avea o textură permeabilă, ocazionînd infiltraţii prin taluzul exterior.

În această situaţie este necesar să se efectueze deversarea tulburelii pe o plajă foarte lată, iar grosimea *hidroecranului* să fie redusă la strictul necesar pentru limpezire; dacă *hidroecranul* are o înălţime foarte mică, deci o presiune hidrostatică foarte redusă, şi este situat mai departe de periferia digului de centură, se evită infiltraţiile prin taluz, care antrenează materialul foarte fin putînd provoca străpungerea digului de centură.

În faza incipientă — din cauza texturii permeabile şi din cauză că sterilul nu conţine suficiente substanţe cu proprietăţi de colmatare, este foarte dificilă crearea hidroecranului; aceasta va fi posibilă după ce se va colmata cu particule foarte fine patul iazului în zona adiacentă „*puţurilor deversoare*" [1].

Neajunsurile semnalate mai înainte cu privire la lipsa de etanşeitate a digului de centură fac necesară drenarea efectivă a depozitului de steril în ansamblu, pentru a consolida bordura iazului.

În acest scop, va fi prevăzută o reţea de drenuri de tip adecvat, amplasate în patul iazului de decantare sub digul de centură, pînă la puţul *II* deversor.

În vederea consolidării masei depozitului se va asigura drenarea apei de la diferite niveluri ale depozitului de steril pe măsura înălţării sterilului în iaz. În acest scop va fi prevăzută o serie de drenuri verticale de tip amovibil, interconectate cu drenurile din patul iazului şi cu drenul de la piciorul amonte al digului de amorsare.

Tot în vederea consolidării masei depozitului, se va lucra alternativ, depozitînd în valea lui Ijak şi ţinînd în repaus depozitul din valea Radon.

Taluzul bordurii de închidere a iazului se înierbează pentru a-l proteja contra eroziunii. La piciorul taluzului bordurii de închidere, pe bancheta digului de amorsare, se va amenaja o rigolă pentru

---

[1] Se vor etanşa rosturile conductei de beton de evacuarea apei limpezi, spre a se evita antrenarea particulelor fine din sedimentul neconsolidat, fapt care va face să crească conţinutul în suspensii, în mg/l, peste cel admis de organele C.N.A.

Scanned with OKEN Scanner

colectarea şi îndepărtarea apelor care se vor scurge pe taluzul bordurii de închidere.

Pe flancurile versanţilor văii Radon şi Ijak se vor executa şanţuri de gardă cu secţiune şi pantă corespunzătoare pentru ca să protejeze depozitul de steril contra viiturilor de ape din precipitaţii.

Amplasarea depozitului de steril, sus, pe valea Radon şi Valea Ijak cu pante pînă la 15° cu diferenţe de nivel de 618,00 — 588,00 = = 30,00 m în faza iniţială a depozitului şi de 669 — 588 = 81,00 m în faza finală a depozitului (cu repompare), este o soluţie tehnică forţată (în studiul preliminar s-a recomandat amplasamentul de jos).

Cu privire la stabilitatea depozitului de steril, se precizează:

„Panta generală a terenului în lungul celor două văi este de 5—15°, deci mult mai mică decît unghiul de frecare interioară în stare umedă (20°) determinat în laborator pentru terenul de fundare, iar coeziunea materialului constituie un coeficient de siguranţă în plus".

„*Stabilitatea taluzurilor digului de amorsare este asigurată prin panta lină dată în proiect.* Verificarea stabilităţii s-a făcut prin construirea unui cerc de alunecare, reieşind un *coeficient de siguranţă de 1,76*, iar dacă nu se ţine seama de coeziune, coeficientul se reduce la 1,19".

„S-a făcut şi verificarea taluzului, întregului depozit de cenuşă (la cota 660,00 m) reieşind un coeficient de siguranţă de 2,57 cu coeziune şi 1,05 fără coeziune".

Nu se face însă nici o menţiune cu privire la valoarea greutăţii volumetrice a sterilului (2,15 t/m³) cu care s-a făcut calculul de verificare a taluzului.

S-a refăcut calculul de verificare a taluzului şi pentru $\varphi = 15°$ a rezultat un coeficient de siguranţă de 1,7 (fără a ţine seama de coeziune).

S-au indicat valori diferite pentru greutatea volumetrică medie: 1,85 g/cm³; 1,49 g/cm³ la o umiditate de 58,2 % şi o greutate specifică a amestecului de zgură şi cenuşă este de 2,15 — 2,25 g/cm³; pentru acelaşi parametru se indică valori cu diferenţe prea mari.

Dacă ţinem seamă: 1) de faptul că la verificarea stabilităţii taluzurilor s-a considerat o greutate volumetrică de 1,50 g/cm³; 2) că această valoare este mult inferioară faţă de 1,85 şi 2,25 g/cm³; 3) că în calcul nu s-a ţinut seama de efectul hidrodinamic — forţa curentului de apă din masa depozitului, curent care ar putea rezulta din eventualele izvoare de pe flancurile văilor Radon şi Ijak; 4) că cenuşa fină reţine apa, deci reprezintă masă neconsolidată (dacă

Scanned with OKEN Scanner

nu este asigurat drenajul); 5) de efectele catastrofale, în cazul ruperii digului de centură, tragem concluzia că nu sînt suficiente datele geotehnice pentru o verificare riguroasă a stabilității depozitului de zgură și cenușă din văile Radon și Ijak.

Calculul stabilității taluzurilor de la depozitul de cenușă Paroșeni. Pentru acest calcul s-a folosit formula lui Fellenius din cursul de geotehnică al Prof. ing. Emil Botea [82]:

$$\eta = \frac{\Sigma (N \operatorname{tg}\varphi + cl)\, R}{\Sigma T\, R} = \frac{M_s}{M_r}$$

$N = S\gamma\cos\alpha$

$T = S\gamma\sin\alpha$

M_s este momentul de stabilitate

M_r — momentul de răsturnare

S — suprafața diferitelor secțiuni. În calcul s-a folosit numărul de diviziuni de planimetru

Ca date s-a luat : $\gamma = 1{,}50$ t/m³ ; $C = 0$; $\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}30° = 0{,}58$

Cazul în care cercul de alunecare este cu centrul în O_1 (fig. VIII.14, *a*) :

$S_1 \sphericalangle 44°00' \ldots \sin = 0{,}695 \ldots \cos = 0{,}720 \quad S_1 = 4{,}6$

$S_2 \sphericalangle 33°30' \ldots \sin = 0{,}552 \ldots \cos = 0{,}834 \quad S_2 = 8{,}3$

$S_3 \sphericalangle 25°30' \ldots \sin = 0{,}431 \ldots \cos = 0{,}903 \quad S_3 = 9{,}7$

$S_4 \sphericalangle 18°30' \ldots \sin = 0{,}317 \ldots \cos = 0{,}949 \quad S_4 = 10{,}9$

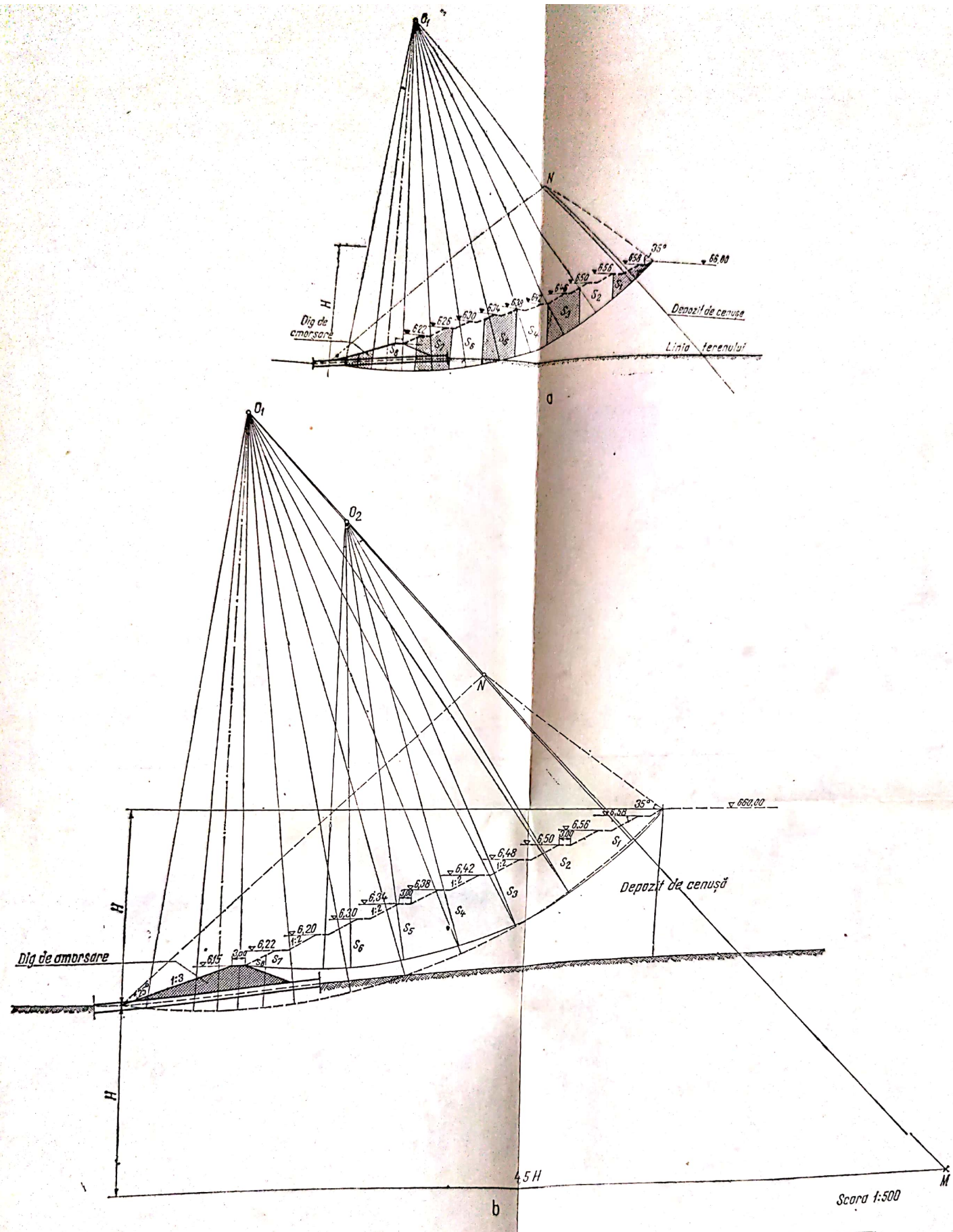
$S_5 \sphericalangle 10°40' \ldots \sin = 0{,}185 \ldots \cos = 0{,}983 \quad S_5 = 9{,}5$

$S_6 \sphericalangle 3°30' \ldots \sin = 0{,}061 \ldots \cos = 0{,}998 \quad S_6 = 7{,}1$

$S_7 \sphericalangle 3°40' \ldots \sin = 0{,}064 \ldots \cos = 0{,}998 \quad S_7 = 4{,}1$

$S_8 \sphericalangle 8°30' \ldots \sin = 0{,}148 \ldots \cos = 0{,}989 \quad S_8 = 0{,}5$

Scanned with OKEN Scanner



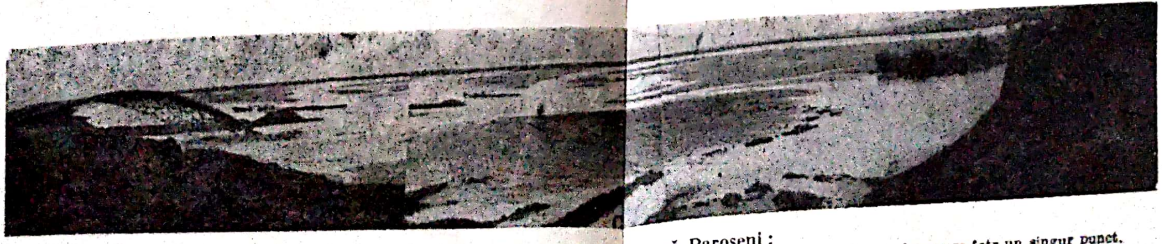
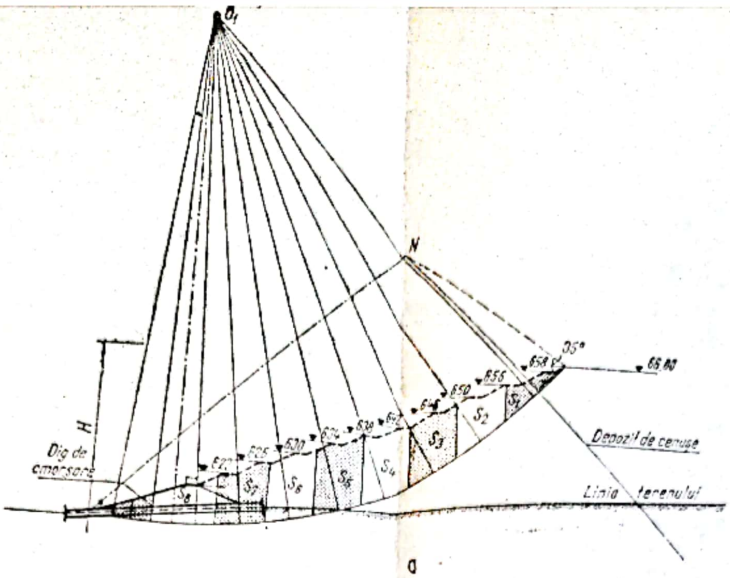


Fig. VIII. 14, Depozitul de cenuşă Paroşeni :
a – cercul de alunecare a taluzului cu centrul în O_1 (I.P.C.H.); b – idem, în O_2 (I.P.C.H.); c – vedere de ansamblu cu deversare într-un singur punct.

Scanned with OKEN Scanner



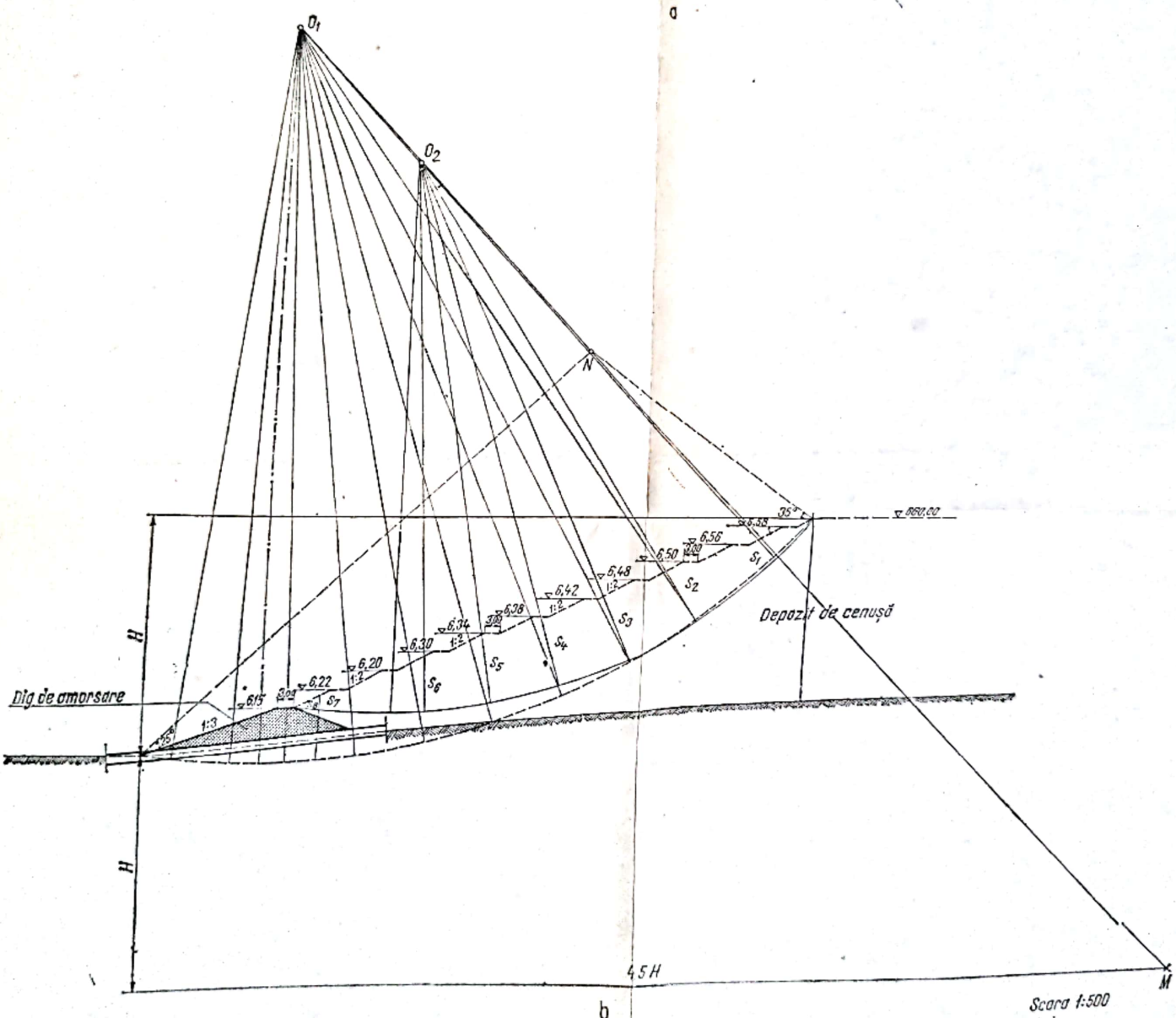


Fig. VIII. 14. Depozitul de cenușă Paroșeni :
a – cercul de alunecare a taluzului cu centrul în O_1(I.P.C.H.); b – idem, în O_2(I.P.C.H.); c – vedere de ansamblu cu deversare într-un singur punct.

Scanned with OKEN Scanner

S_1 $N = 4{,}6 \times 1{,}5 \times 0{,}720 = 4{,}97$ $T = 4{,}6 \times 1{,}5 \times \times 0{,}695 = 4{,}80$

S_2 $N = 8{,}3 \times 1{,}5 \times 0{,}834 = 10{,}39$ $T = 8{,}3 \times 1{,}5 \times \times 0{,}552 = 6{,}92$

S_3 $N = 9{,}7 \times 1{,}5 \times 0{,}903 = 13{,}16$ $T = 9{,}7 \times 1{,}5 \times \times 0{,}431 = 6{,}27$

S_4 $N = 10{,}9 \times 1{,}5 \times 0{,}949 = 15{,}55$ $T = 10{,}9 \times 1{,}5 \times \times 0{,}317 = 5{,}20$

S_5 $N = 9{,}5 \times 1{,}5 \times 0{,}983 = 14{,}00$ $T = 9{,}5 \times 1{,}5 \times \times 0{,}185 = 2{,}64$

S_6 $N = 7{,}1 \times 1{,}5 \times 0{,}998 = 10{,}65$ $T = 7{,}1 \times 1{,}5 \times \times 0{,}061 = 0{,}65$

S_7 $N = 4{,}1 \times 1{,}5 \times 0{,}998 = 6{,}15$ $T = 4{,}1 \times 1{,}5 \times \times 0{,}064 = 0{,}39$

S_8 $N = 0{,}5 \times 1{,}5 \times 0{,}989 = 0{,}74$ $T = 0{,}5 \times 1{,}5 \times \times 0{,}148 = 0{,}11$

$$\eta = \frac{\Sigma(N \operatorname{tg}\varphi + cl)R}{\Sigma TR} = \frac{75{,}61 \times 0{,}58}{25{,}98} = \frac{43{,}90}{25{,}98} = 1{,}69$$

$\Sigma N = 75{,}61$

ΣT pentru suprafețele $S_1 \ldots S_6 = 36{,}48$

ΣT pentru suprafețele $S_7 + S_8 = 0{,}50$

$\Sigma T = 25{,}98$

$F = 1{,}69$

fără coeziune

$C = 0$; $\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg} 30° = 0{,}58$; $\gamma = 1{,}50$ t/m³

Cazul în care cercul de alunecare este cu centrul în O_2: (fig. VIII.14, *b*):

S_1	44°30′	sin = 0,701	cos = 0,714	$S_1 = 4{,}0$
S_2	36°40′	sin = 0,598	cos = 0,803	$S_2 = 8{,}0$
S_3	30°20′	sin = 0,505	cos = 0,863	$S_3 = 10{,}4$
S_4	24°30′	sin = 0,415	cos = 0,910	$S_4 = 11{,}5$
S_5	18°40′	sin = 0,320	cos = 0,948	$S_5 = 11{,}9$
S_6	13°00′	sin = 0,225	cos = 0,975	$S_6 = 11{,}1$
S_7	7°30′	sin = 0,131	cos = 0,992	$S_7 = 9{,}6$
S_8	2°30′	sin = 0,044	cos = 0,999	$S_8 = 7{,}1$
S_9	2°00′	sin = 0,035	cos = 0,999	$S_9 = 4{,}6$
S_{10}	6°40′	sin = 0,116	cos = 0,994	$S_{10} = 2{,}0$

Scanned with OKEN Scanner

S_1 $N = 4{,}0 \times 1{,}5 = 0{,}714 = 4{,}28$ $T = 4{,}0 \times 1{,}5 \times \times 0{,}701 = 4{,}21$

S_2 $N = 8{,}0 \times 1{,}5 \times 0{,}803 = 9{,}64$ $T = 8{,}0 \times 1{,}5 \times \times 0{,}598 = 7{,}19$

S_3 $N = 10{,}4 \times 1{,}5 \times 0{,}863 = 12{,}52$ $T = 10{,}4 \times 1{,}5 \times \times 0{,}505 = 7{,}89$

S_4 $N = 11{,}5 \times 1{,}5 \times 0{,}910 = 15{,}70$ $T = 11{,}5 \times 1{,}5 \times \times 0{,}415 = 7{,}16$

S_5 $N = 11{,}9 \times 1{,}5 \times 0{,}948 = 16{,}95$ $T = 11{,}9 \times 1{,}5 \times \times 0{,}320 = 5{,}72$

S_6 $N = 11{,}1 \times 1{,}5 \times 0{,}975 = 16{,}24$ $T = 11{,}1 \times 1{,}5 \times \times 0{,}225 = 3{,}75$

S_7 $N = 9{,}6 \times 1{,}5 \times 0{,}992 = 14{,}28$ $T = 9{,}6 \times 1{,}5 \times \times 0{,}131 = 1{,}90$

S_8 $N = 7{,}1 \times 1{,}5 \times 0{,}999 = 10{,}62$ $T = 7{,}1 \times 1{,}5 \times \times 0{,}044 = 0{,}47$

S_9 $N = 4{,}6 \times 1{,}5 \times 0{,}999 = 6{,}90$ $T = 4{,}6 \times 1{,}5 \times \times 0{,}035 = 0{,}24$

S_{10} $N = 2{,}0 \times 1{,}5 \times 0{,}994 = 3{,}00$ $T = 2{,}0 \times 1{,}5 \times \times 0{,}116 = 0{,}35$

$$\eta = \frac{\Sigma\,(N\,rg + cl)\,R}{\Sigma TR} = \frac{110{,}15 \times 0{,}58}{37{,}7} = \frac{64{,}0}{37{,}7} = 1{,}7$$

$\Sigma N = 110{,}15$

ΣT pentru suprafețele $S_1 \ldots S_8 = 38{,}29$

ΣT pentru suprafețele $S_9 + S_{10} = 0{,}59$

$38{,}29 - 0{,}59 = 37{,}70$

$\Sigma T = 37{,}70$; $F = 1{,}70$ fără coeziune

$C = 0$; $\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg} 30^\circ = 0{,}58$; $\gamma = 1{,}50$ t/m³

Figura VIII.14, *c* arată ansamblul iazului Paroşeni şi deversarea tulburelii în jet.

Calculul stabilității terenului de la Paroșeni (fig. VIII.15):

$G \sin\alpha \leqslant Gf$; $f = \operatorname{tg}\varphi$; $G \sin\alpha \leqslant G\operatorname{tg}\varphi$; $\sin\alpha = \operatorname{tg}\varphi$

Unghiul de frecare interioară φ este:

$\varphi_{stare\ umedă} = 20^\circ$; $\varphi_{stare\ naturală} = 24^\circ$

$\operatorname{tg} 20^\circ = 0{,}36497$; $\sin\alpha \leqslant 0{,}36397$

Scanned with OKEN Scanner

În amplasamentul digului unghiul terenului α variază astfel:

Profilul	α	sin α	Coeficientul de siguranță $\frac{tg\varphi}{\sin\alpha}$ pentru tg φ = 0,36397
		Valea A	
1—1	8°30′	0,14781	2,57
2—2	15°00′	0,26724	1,36
3—3	4°30′	0,07846	4,65
4—4	6°30′	0,11320	3,20
5—5	2°30′	0,04362	8,35
6—r	1°30′	0,02618	13,90
		Valea B	
1—1	1°30′	0,02618	13,90
2—2	3°30′	0,06105	5,96
3—3	9°00′	0,16505	2,20
4—4	3°30′	0,06105	5,96
5—5	3°30′	0,06105	5,96
6—6	3°30′	0,06105	5,96

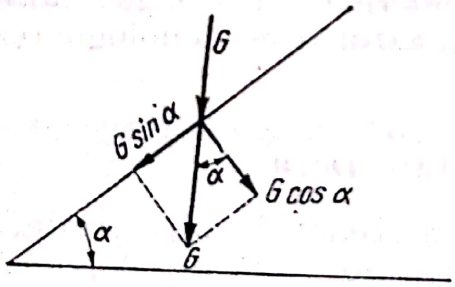


Fig.VIII.15. Stabilitatea terenului de amplasament (Paroșeni).

Capitolul

IX

APLICAREA PROCEDEULUI „DEPUNERE SUBACVATICĂ DIRIJATĂ" ȘI REZULTATELE OBȚINUTE

A. PERIOADA 1950—1960 [1)]

De la sfîrșitul anului 1950, cînd a fost preconizat procedeul „*Depunere subacvatică dirijată*" a fost generalizat la toate întreprinderile industriale din al căror flux tehnologic rezultă ape reziduale cu suspensii minerale.

1. Iazul de decantare Deva

În fig. IX.1 este prezentată plaja bordurii periferice a iazului de decantare de la Deva, rezultată din depunerea subacvatică a sterilului rezultat de la flotarea minereului cuprifer.

Fig. IX. 1. Plajă din steril depus subacvatic (Deva).

[1)] Pînă la apariția ediției I a acestei lucrări.

Scanned with OKEN Scanner

Fig. IX. 2. Dig de centură obținut prin depunere subacvatică (Deva).

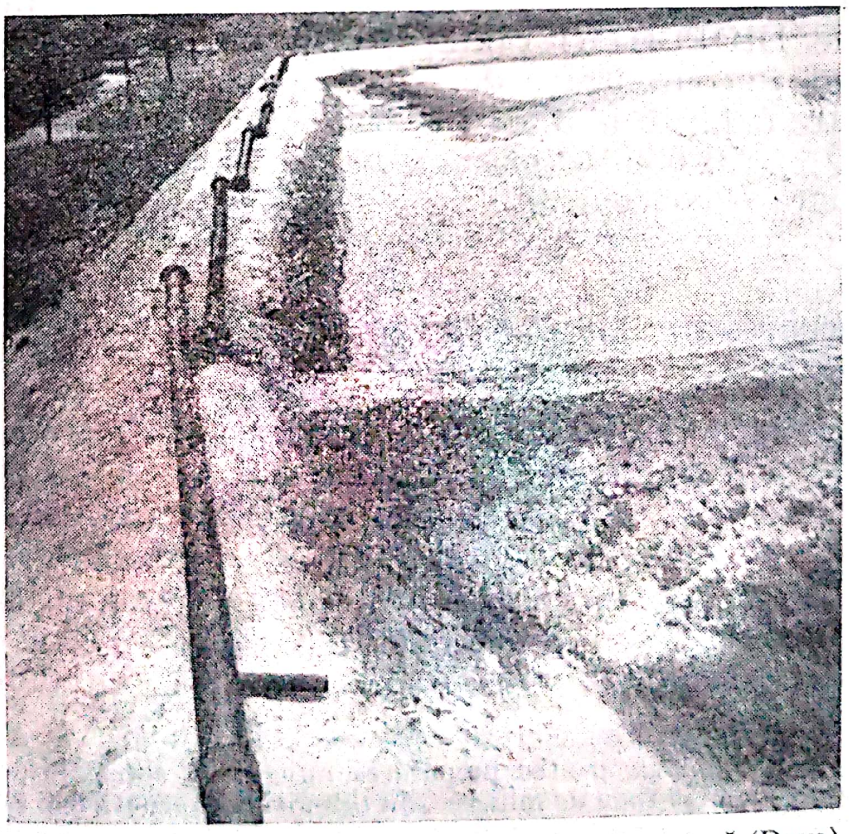


Fig. IX. 3. Excavația de-a lungul digului de centură (Deva).

Scanned with OKEN Scanner

În fig. IX.2 se arată digul de centură obţinut prin depunere subacvatică. Taluzul digului este abrupt deoarece retragerea nu s-a făcut după unghiul de taluz natural, taluzul fiind consolidat prin baterea sterilului cu lopata. Dacă se procedează la consolidarea taluzului abrupt prin înierbare, se realizează înălţarea iazului fără să se micşoreze suprafaţa de limpezire şi deci capacitatea de înmagazinare a iazului, ceea ce este foarte important pentru situaţiile unde suprafeţele disponibile sînt limitate.

În fig. IX.3 se observă că după umplerea cu tulbureală a spaţiului din care s-a excavat sterilul (pentru fabricarea cărămizilor) de-a lungul digului de centură, nu s-au produs infiltraţii prin corpul digului, ceea ce dovedeşte că digul s-a impermeabilizat prin colmatare. De asemenea, se observă că digul transversal cu un coronament de numai 1,00 m lăţime şi cu panta taluzului de circa 45° este atît de bine colmatat, încît nu se observă infiltraţii pe taluzul din faţă, deşi taluzul opus este supus presiunii hidrostatice.

Cu privire la limpezirea apei evacuată din iazuri, se menţionează că dacă exploatarea iazului este îngrijit făcută, apa evacuată are sub 50 mg/l suspensii, adică de multe ori chiar mai puţin decît rîul receptor.

Referitor la conţinutul în reactivi folosiţi la preparare şi rămaşi în apă după limpezire, se menţionează că (potrivit cîtorva analize efectuate de IROPCHIM) xantatul dispare complet, iar flotanolul se mai găseşte în concentraţie de 8,7 mg/l (flotaţia Deva). Dacă se face raportul între debitul de 3,5 l/s evacuat din iaz şi debitul minim al Mureşului Q_m = 21 000 l/s (măsurat pe perioada 1928—1950), rezultă după evacuare o concentraţie de 0,00134 mg/l, ceea ce este insignifiant [1].

2. Evacuarea sterilului de la filtrele cu vacuum din instalaţiile de cianurare

Cînd sterilul se prezintă sub formă de pastă, care se desprinde de pe tamburul filtrelor cu vacuum din instalaţiile de cianurare, se foloseşte un malaxor cu apă, pentru diluarea pastei, încît să poată fi pompată.

În ceea ce priveşte cianura, la cianuraţia Săsar analizele au arătat că nu mai este prezentă în proba luată din rîul receptor la circa 500 m aval de evacuare. Rezultatul analizei concordă cu indicaţiile din

[1] În procesul tehnologic pentru prepararea minereului cuprifer se folosesc 200 g xantat şi 100 g flotanol la tona de minereu. În tulbureala evacuată mai rămîn 12,2 mg/l flotanol, iar din xantat nu rămîne nimic.

Scanned with OKEN Scanner

literatura de specialitate. C. Melnicov arată că cianura se transformă în amoniac [1].

Deoarece „*Procedeul depunere subacvatică*" nu are ca obiectiv epurarea chimică a apelor evacuate, nu se insistă asupra acestui aspect.

3. Condiţiile de aplicare şi rezultatele obţinute la Baia de Arieş

Pentru a ilustra performanţa tehnico-economică a acestui procedeu, se dau în continuare condiţiile de aplicare şi rezultatele obţinute la Baia de Arieş privind limpezirea tulburelii aurifere şi reţinerea în iaz, după flotare, a rămăşiţelor aurifere spre a fi supuse treptei a II-a de preparare prin cianurare.

La întocmirea proiectului tehnic al instalaţiei de evacuare şi decantare a sterilului provenit de la flotaţia de minereu aurifer de la Baia de Arieş, s-au efectuat încercări în laboratorul Gura-Barza, pentru determinarea pierderilor de aur, care vor rezulta din decantarea rămăşiţelor aurifere de la viitoarea flotaţie a minereurilor aurifere, rămăşiţe care urmează a fi depozitate pe haldă şi cianurate ulterior.

În vederea încercărilor de flotaţie colectivă, minereul a fost măcinat la o fineţe de circa 60% material mai fin decît cel care trece prin sita cu 200 ochiuri/ţol (tabelul IX.1).

Tabelul IX.1. **Granulometria minereului aurifer**

Clasa ochiuri/ţol	Mărimea granulelor mm	Material, %
30— 60	0,50—0,25	8,2
60—100	0,25—0,15	15,2
100—150	0,15—0,10	14,4
150—200	0,10—0,075	6,2
200	0,075	66,0
	Total	100,0

Din încercările de laborator s-au tras următoarele concluzii:

1) *Conţinutul în aur al diferitelor clase granulometrice de steril este practic acelaşi* : institutul de cercetări care a făcut încercările de preparare a atras în mod special atenţia că soluţia coloidală are o concentraţie în aur mai mare decît părţile solide.

[1] Deşi în procesul tehnologic se folosesc 2 000 g cianură de sodiu/1 t minereu, în tulbureala evacuată după cianurare se mai găsesc numai urme de cianură.

Scanned with OKEN Scanner

2) *Încercările de decantare s-au făcut în cilindri gradați de 35 cm înălțime* : aceste încercări au arătat că zona de sedimentare reprezintă circa 1/3 din înălțimea coloanei de tulbureală, că se ajunge la punctul critic după circa 3,5 h și că viteza de sedimentare (fig. IX.4) este foarte mică (0,03—0,04 m/h).

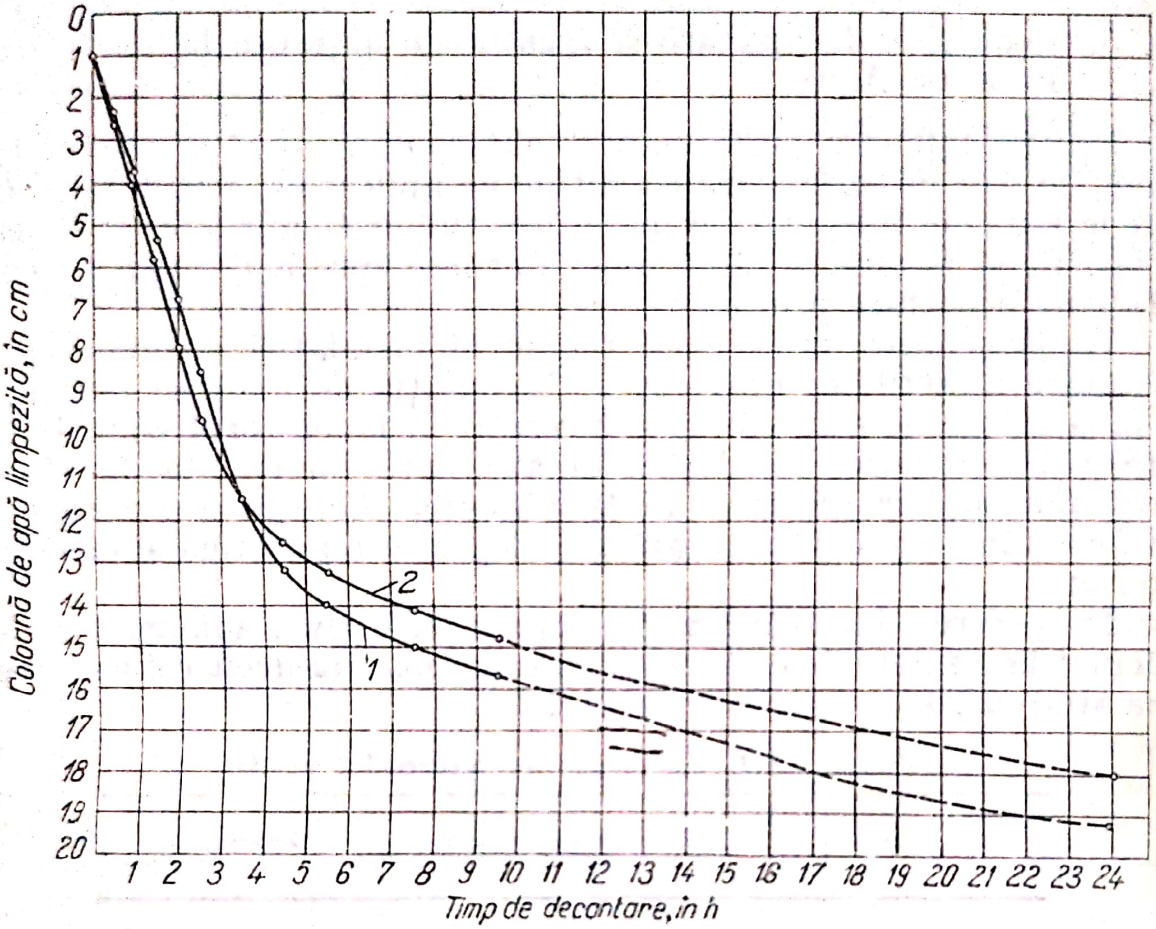


Fig. IX. 4. Curbe de decantare :
1 — fără adaos de var pH = 4; *2* — cu adaos de var 2 g/l, pH = 6.

3) *Pornind cu o tulbureală cu raportul inițial solid/lichid de circa 1/4 s-a atins punctul critic la un raport S/L de circa 1/2,5, iar după 24 h raportul S/L a scăzut aproximativ la 1/2.*

4) *Particulele fine de steril având practic același conținut în aur ca și cele grosiere, urmează că pierderile de aur vor fi proporționale cu pierderile de steril (care se produc cu ocazia decantării și depozitării acestuia pe haldă) și cu soluțiile coloidale evacuate din iaz.* Terenul disponibil în imediata vecinătate a instalației de preparare are o suprafață relativ redusă, de circa 11 000 m². Pentru a folosi la maximum posibilitățile de decantare, în incinta acestui iaz de dimensiuni reduse, s-a preconizat un „*Dispozitiv de sonde inverse*", pentru evacuarea apei limpezite, dispuse pe conturul periferic al oglinzii apei pe

Scanned with OKEN Scanner

latura opusă celei pe care se face deversarea, mărindu-se astfel la maximum drumul pe care trebuie să-l parcurgă tulbureala.

Astfel, cînd deversarea sterilului se face pe un tronson de conductă deversoare, evacuarea apei limpezite se face cu linia de vizavi de acest tronson, încît apa parcurge un drum mai mare pînă la evacuarea ei prin „*Sonda inversă*" din partea opusă.

Pentru ca celelalte sonde inverse de evacuare a apei limpezite să nu funcţioneze, ele sînt supraînălţate prin adăugare de manşoane. La fel se lucrează şi cu celelalte tronsoane ale conductei deversoare.

Debitul de tulbureală este :

$$Q = 1000\ \text{m}^3/\text{zi} + \frac{250{,}00\ \text{t/zi}}{2{,}50\ \text{t/m}^3} = 1100\ \text{m}^3/\text{zi} = 46\ \text{m}^3/\text{h} =$$

$$= 770\ \text{l/min} = 12{,}75\ \text{l/s}.$$

Efectuînd deversarea pe tronsoane de cîte 125,00 m şi lucrînd cu un hidroecran de 1,00 m grosime, secţiunea lui este $S = 125{,}00\ \text{m} \times 1{,}00\ \text{m} = 125{,}00\ \text{m}^2$, iar viteza tulburelii :

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0{,}01275\ \text{m}^3/\text{s}}{125{,}00\ \text{m}^2} = 0{,}0001\ \text{m/s} = 0{,}1\ \text{mm/s}.$$

În mod normal, această viteză trebuie să asigure decantarea deoarece particulele cu finețea de 0,0009 mm diametru, decantează la viteza limită de 1,5 mm/s (v. tabelul V.4).

Modul în care este amplasat dispozitivul de evacuare a apei limpezite asigură vehicularea particulei de tulbureală pe un traseu de circa 80,00 m.

Parcurgerea acestui drum se face într-un interval de timp destul de îndelungat dată fiind viteza extrem de redusă (0,1 mm/s), ceea ce asigură o decantare eficientă.

După punerea în funcţiune a instalaţiei de decantare, analizele de laborator au arătat că tulbureala avea la intrarea în iaz 4,9 g/t aur şi 7,1 g/t argint, iar apa limpezită la ieşirea din sondele inverse nu mai conţinea aur sau argint nici sub formă de urme.

Rezultatele paradoxale obţinute în încercările de laborator (menţionate mai înainte la punctele b şi c), se explică prin prezenţa unor cantităţi apreciabile de substanţe coloidale conţinute de minereul de la Baia de Arieş, care împiedică decantarea statică a sterilului, *i.l.* montmorillonit şi caolinit.

Încercările de laborator au arătat că după 24 h pe lîngă 1,00 m³ de steril rămîn încă 2,00 m³ de apă nedecantată, ceea ce ar conduce la dimensiuni considerabile ale iazului de decantare, pentru a permite înmagazinarea pe timp îndelungat a sterilului îngroşat pînă la decantarea completă, necesitînd chiar două vaste compartimente cu care să se lucreze în mod alternativ.

Scanned with OKEN Scanner

Rezultatele surprinzător de favorabile obţinute în instalaţie se datoresc vehiculării lente a particulelor prin hidroecranul care acţionează ca un filtru care colectează suspensiile fine; particulele polarizate mişcîndu-se în diferite direcţii se ciocnesc şi provoacă coalescenţa electrostatică. Cînd polii pozitivi şi negativi devin adiacenţi unul cu altul, atracţia electrică uneşte particulele şi produce coalescenţa lor.

Faţă de condiţiile impuse de necesitatea reţinerii în iaz a aurului din soluţiile coloidale, se poate afirma că aceasta a constituit piatra de încercare a procedeului *„Depunere subacvatică dirijată"*.

B. PERIOADA DUPĂ 1960

1. Aplicarea procedeului în sectorul preparării minereurilor auroargentifere şi complexe

După o durată de depozitare de circa 4 ani a rămăşiţelor aurifere de la Baia de Arieş, s-a procedat la readucerea lor în instalaţia de cianurare; în acest scop s-a folosit monitorul hidraulic pentru dislocarea sedimentului (fig. IX.5) şi instalaţia „Air-Lift" pentru transportul hidromecanic al sedimentului (fig. IX.6).

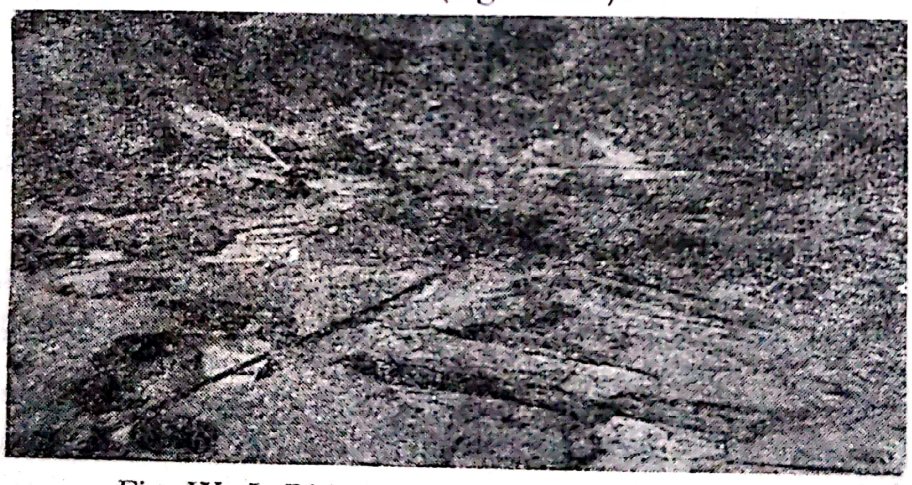


Fig. IX. 5. Dislocarea prin hidromecanizare a sedimentului aurifer (Baia de Arieş).

Prin dislocarea sedimentului cu jetul hidromonitorului s-a pus în evidenţă *„Stratificaţia încrucişată în solzi"* realizată prin *„Depunerea subacvatică dirijată"* cu ocazia depozitării rămăşiţelor aurifere (fig.IX.7).

Prin cercetarea „de visu" a peretelui sedimentului, „in situ", se remarcă o alternanţă şi o întrepătrundere a lamelelor de granulaţie mai grosieră cu lamele de granulaţie mai fină, ceea ce face ca

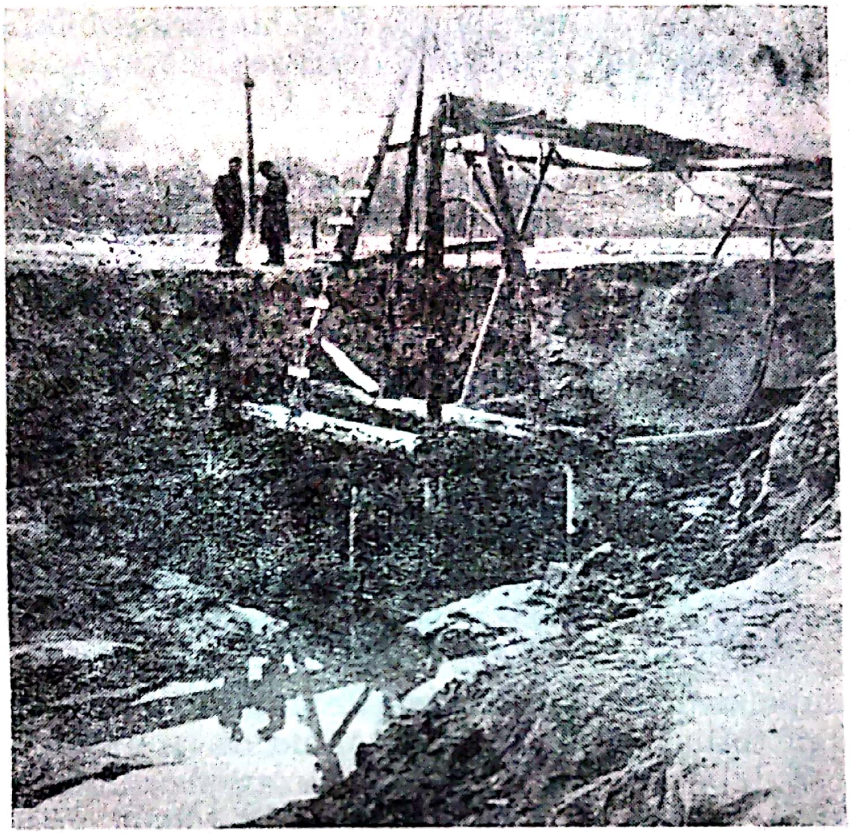


Fig. IX. 6. Instalaţie de Air-Lift" pentru transportul sedimentului aurifer (Baia de Arieş).

Fig. IX.7. Stratificaţie solziformă (cross bedding) din sediment aurifer — depunere subacvatică dirijată (Baia de Arieş).

Scanned with OKEN Scanner

sedimentul să aibă o textură compactă şi impermeabilă. Sedimentul este aşa de bine legat încît peretele, deşi vertical, este absolut stabil.

Aceasta constituie o caracteristică intrinsecă fundamentală a *„Depunerii subacvatice dirijate"*.

Fiind în joc un important conţinut în aur, operaţia de depozitarea rămăşiţelor s-a executat cu grijă specială, respectînd metodologia *„Depunerii subacvatice dirijate"*, ceea ce explică textura compactă şi gradul de consolidare al sedimentului.

Importanţa respectării metodologiei „Depunerii subacvatice dirijate" a evidenţiat-o următoarea împrejurare: după ce depozitul de steril provenit din cianurarea rămăşiţelor aurifere — situat la circa 400,00 m de flotaţie — a atins înălţimea maximă la care pompele puteau ridica tulbureala, s-a folosit un al doilea amplasament — situat la 4 km în aval — pentru depozitarea în continuare a sterilului rezultat din cianurarea rămăşiţelor aurifere, care aveau granulometrie şi componenţă mineralogică identică cu rămăşiţele din depozitul de lîngă flotaţie.

Acest amplasament fiind departe de flotaţie, deci greu de controlat, deversarea tulburelii s-a făcut începînd cu tronsonul din amonte fără utilizarea labei de gîscă. Al doilea amplasament situat de-a lungul rîului Arieş are o lăţime de 80,00—100,00 m şi o lungime de circa 800,00 m.

Nerespectîndu-se metodologia deversării, bordura riverană a iazului de decantare a fost constituită dintr-un sediment cu textură eterogenă, fără stabilitate, ceea ce a dus la ruperea digului de centură — în zona din aval — pe o porţiune de circa 80,00 m, dînd loc la importante alunecări de sediment insuficient consolidat.

Constatări. În legătură cu funcţionarea instalaţiilor de decantare în cele ce urmează se semnalează constatările făcute la unele exploatări unde nu se respectă în întregime fluxul normal al instalaţiei de evacuare şi decantare.

1) *Într-unul din cazuri a fost necesar ca instalaţia de decantare să intre în funcţiune mai înainte de terminarea lucrărilor pentru montajul conductei deversoare*; digul de amorsare fusese executat în grabă şi neîngrijit (fără înlăturarea pămîntului vegetal şi fără mască de argilă). În faza de amorsare a iazului s-a deversat tulbureala în amonte într-un singur punct şi ca atare nu s-a depus steril pe taluzul interior de-a lungul digului. Din această cauză, digul a cedat, în aval, fiind supus presiunii hidrostatice a apei limpezite care nu mai conţinea substanţele coloidale necesare colmatării.

2) *În alt caz, deversarea tulburelii s-a făcut numai prin 3—4 orificii, pe un front de 10,00—15,00 m în loc de 6—12 orificii pe un*

Scanned with OKEN Scanner

front de 60,00—120,00 m. Din această cauză, debitul de tulbureală nu era repartizat pe un segment mare, încît să treacă printr-un hidroecran de deschidere mare, deci cu viteze reduse, care să permită decantarea suspensiilor.

Deversarea făcîndu-se numai în cîteva puncte, debitul de tulbureală a fost dirijat spre sondele inverse prin vine hidraulice înguste, care străbăteau cu viteză mare un hidroecran de secţiune redusă, ceea ce era în detrimentul decantării.

Din această cauză, sterilul a fost antrenat în interiorul iazului, în loc să se depună la periferie şi să înalţe bordura iazului. Astfel, înălţimea apei şi în consecinţă secţiunea hidroecranului s-au redus, aceasta fiind tot în detrimentul decantării.

3) *În cazul în care jgheabul de repartiţie — respectiv furtunul — nu sînt prevăzute cu distrugătoare de energie (labă de gîscă) şi nu se face pendularea lor, tulbureala cade de la înălţime pe digul de centură, producînd eroziuni.* Lipsa distrugătorului de energie şi nependularea jgheabului de repartiţie (labei de gîscă) produc efectele negative arătate la aliniatul 2) de mai înainte.

În plus, vîna de tulbureală a provocat eroziunea plajei în punctul căderii din jgheab, formînd ochiuri (goluri), care după umplerea cu steril prezintă neomogenităţi în digul de centură. Aceste porţiuni cu textură eterogenă permit să se producă infiltraţii care cu timpul provoacă ruperea digului.

Nependularea jgheaburilor de repartiţie (labei de gîscă), împiedică realizarea stratificaţiei încrucişate în solzi care constituie mijlocul de realizare a unui dig de centură omogen, cu textură compactă, care îi asigură stabilitatea şi impermeabilitatea.

4) *În cazul în care nu se respectă granulometria sterilului, avută în vedere la proiectare şi dacă nu se înlătură corpurile străine din tulbureală înainte de intrarea în conducta de transport, se poate produce înfundarea conductei.* S-au văzut cazuri cînd prin orificiile conductei deversoare au trecut resturi de garnituri, fitil de mină, aşchioare de lemn şi pietricele de 1 cm diametru, deşi proiectul prevedea grăunţi sub 0,5 mm diametru. Aceste resturi produc un sediment neomogen, permeabil, care poate duce la spălarea digului.

5) *La exploatarea Capnic, după ce digul de centură construit prin „stratificaţia încrucişată în solzi" atinsese înălţimea de 10,00 m, s-au ataşat hidrocicloane la conducta deversoare, reţinînd nisipul grosier în bordura iazului, iar şlamul în interiorul iazului.* După cîteva luni de aplicare, procedeul s-a dovedit ineficace deoarece bordura iazului a fost străpunsă şi spălată, textura sedimentului nemaiîndeplinind condiţiile de impermeabilitate, întrucît prin hidrocicloane s-a îndepărtat tocmai materialul care colmata interstiţiile nisipului grosier,

Scanned with OKEN Scanner

făcîndu-l impermeabil; astfel s-a produs ruptura şi spălarea digului de centură, provocînd inundarea şoselei prin scurgerea şlamului acumulat în interiorul iazului în perioada de folosire a hidrocicloanelor (fig. IX.8).

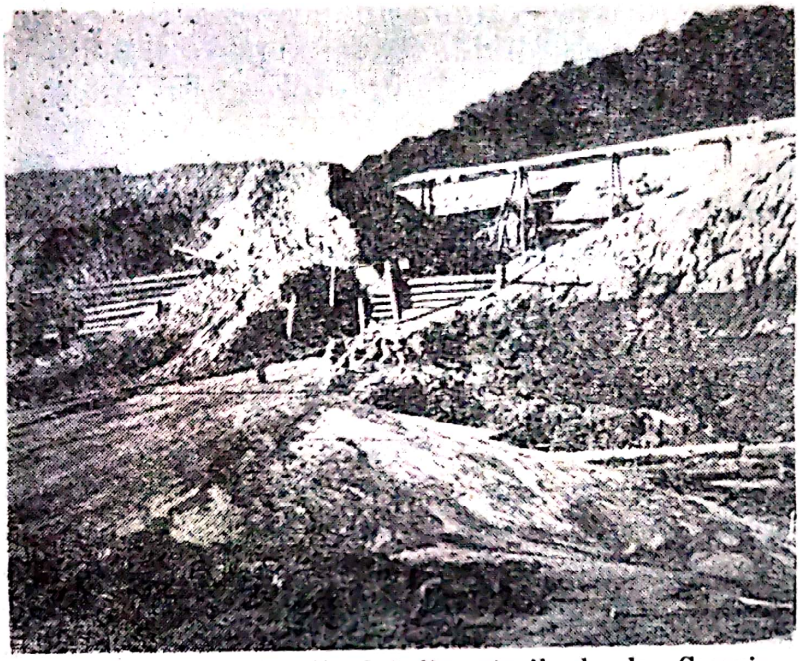


Fig. IX. 8. Avaria digului din steril de la Capnic. Străpungerea şi spălarea digului în porţiunea depusă cu hidrociclonul.

Folosirea hidrociclonului este indicată cînd materialul fin — argilos — depăşeşte 60 %, (v. cap. III), dar trebuie să fie reţinute particule fine în sedimentul grosier, pentru a se obţine o textură compactă. În acest scop, încercările prealabile sînt indispensabile pentru determinarea parametrilor geotehnici.

Ca exemple remarcabile de ruperi de diguri construite empiric prin depunerea sterilului în iazuri, se amintesc cele de la Bensberg, Piesberg şi Hőnnetal (Republica Federală Germania) cu efecte dezastruoase.

2. Aplicarea procedeului „Depunerii subacvatice dirijate" la evacuarea cenuşii şi zgurii de la centralele termoelectrice

La Centrala termoelectrică Paroşeni, cenuşa şi zgura (sfărîmată în prealabil la dimensiuni pompabile) sînt colectate hidraulic în bazinul de alimentare a pompelor şi apoi evacuate pe cale hidromecanică şi deversate în iazul de decantare după procedeul „*Depunerii subacvatice dirijate*" obţinînd înălţarea digului de centură prin „*stratificaţia încrucişată în solzi*", concomitent cu evacuarea apei

limpezite din iaz, care este readusă în circuitul de alimentare a centralei termice. La Paroşeni s-au construit şi pus în funcţiune două instalaţii de evacuare a cenuşii şi zgurii prin procedeul „*Depunerii subacvatice dirijate*" [1].

Întreprinderea „John Tomson Industrial Construction" specializată în evacuarea cenuşii şi zgurii de la centralele termice dispuse de trei sisteme:

1) *Colectarea hidraulică a cenuşii şi zgurii (sfărîmată corespunzător cerinţelor de pompare) într-un bazin, apoi pomparea direct în rîu, lagună sau mare.*

2) *Colectarea pneumatică a cenuşii (cu ciclonul) în silozuri şi apoi transportarea cu vehicule la haldă.*

3) *Colectarea hidraulică a cenuşii şi zgurii în bazinele de decantare din care apa se scurge, materialul solid* evacuîndu-se cu graifărul (bena) — descărcîndu-l în vehicule de transport.

Întreprinderea „John Tomson Industrial Construction" a executat instalaţiile de evacuare a cenuşii şi zgurii la 25 centrale termoelectrice din Europa, Asia, Africa, Australia şi Canada — din care 21 cu sistemul hidraulic, iar 4 cu sistemul mixt — hidraulic şi pneumatic.

Evacuarea cenuşii şi zgurii după sistemele 2) şi 3) de mai înainte sînt mult mai costisitoare decît prin procedeul „Depunerii subacvatice dirijate", afectînd sensibil preţul de cost al evacuării cenuşii şi zgurii, mai cu seamă la centralele termice de mare capacitate; se citează cazul centralei termice de la Kîncardine — Scotland, unde se evacuează 1 300 t cenuşă/zi şi Centrala Termică Paroşeni — Republica Socialistă România cu 1 900 t cenuşă/zi.

3. Aplicarea procedeului „Depunerii subacvatice dirijate" la suspensiile provenite de la spălarea gazelor de furnal

Gazele provenite de la furnalele înalte (blast furnaces) — Hunedoara sînt spălate în tuburi Venturi prin injecţie de apă (3 m^3 apă/1 000 m^3 gaze). Din spălarea gazelor rezultă 2,20 t/h steril solid care este evacuat pe cale hidromecanică şi deversat în iaz după procedeul „*Depunerii subacvatice dirijate*".

4. Alte aplicaţii ale procedeului „Depunerii subacvatice dirijate"

Depunerea subacvatică dirijată a fost aplicată în mod curent la diferite varietăţi de steril, astfel: steril de minereu de fier (Teliuc, Ocna de Fier, Căpuşul Mic, Lueta), grafit (Baia de Fier), baritină

[1] Elementele de calcul pentru proiectarea instalaţiei sînt prezentate în cap. VIII. C

(Somova), bauxită (Dobreşti şi Chistag), apatită (Republica Democrată Vietnam), disten (Baia Mare); spălătorii de: nisip (Aghireş), cărbune (Coroieşti) şi caolin (Harghita), talc (Lelese-Cerişor), diatomită (Adamclisi) şi cretă (Basarab-Murfatlar).

De asemenea, procedeul „*Depunerii subacvatice dirijată*" se aplică la depozitarea suspensiilor solide şi la limpezirea apelor provenite de la cariere-nisipuri (Vălenii de Munte) şi calcare (Petreni).

C. CONTROLUL EVACUĂRII ŞI DECANTĂRII STERILULUI

1) *Substanţe în suspensie admise în apa evacuată din instalaţie*: regimul de exploatare a instalaţiei de evacuare şi decantare trebuie să asigure — în punctul de scurgere în bazinele de apă şi după amestecare — o creştere a conţinutului de substanţe în suspensie mai mică decît 0,25 mg/l în bazinele naturale de apă din cat. 0, respectiv 0,75 mg/l pentru cat. II şi 1,50 mg/l pentru cat. III (clasificare conform normei C.N.A.). În acest scop se controlează suspensiile apei evacuate din instalaţie, menţinînd un conţinut inferior celui care asigură amestecul corespunzător condiţiilor de mai înainte.

2) *pH-ul apelor evacuate din instalaţie*: apele de scurgere din instalaţie nu trebuie să modifice reacţia apei din bazin la $6{,}5 \langle p\mathrm{H} \rangle 8{,}5$.

3) *Consumul biochimic de oxigen*: după amestecarea apelor de scurgere cu apa din bazin pe 5 zile (la $t = 20°\mathrm{C}$), consumul biochimic de oxigen nu trebuie să depăşească: 2 mg/l la bazinele naturale de ape din cat. I, respectiv 4 mg/l pentru cat. II; pentru cat. III nu se normează.

4) *Substanţe toxice şi concentraţiile limită admise*: nu sînt admise în cursurile naturale de apă, în regiunea de amestec cu apele scurse din instalaţie, concentraţii mai mari decît cele indicate în tabelul IX.2.

5) *Raportul S/L şi debitul de tulbureală*: se controlează îndeaproape raportul S/L şi debitul de tulbureală spre a evita variaţiile excesive care pot reduce viteza sub limita de plutire a suspensiilor minerale, provocînd depuneri pe conductele de refulare, sau prin creşterea excesivă a debitului se măreşte viteza pe conductă, intensificînd uzura prin abraziune. Se va controla periodic granulometria sterilului şi în funcţie de aceasta, viteza limită de plutire în raport cu debitul de tulbureală.

6) *Deversarea tulburelii*: controlul deversării se va efectua riguros pentru asigurarea realizării stratificaţiei încrucişate în solzi. De asemenea se va asigura o reţea de nervuri de rezistenţă, radiale

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul IX.2. **Substanţe toxice şi concentraţii limită admise**

Substanta toxică la $t = 25°C$ şi $pH_{max} = 10$	Concentraţia maximă admisă mg/l	Substanţa toxică la $t = 25°C$ şi $pH_{max} = 10$	Concentraţia maximă admisă mg/l
Total solid	500—1000		
Acid picric	0,5	Fenoli	0,001
Amoniac gazos	1,0	Fluor	1,0
Amoniu (NH^+)	25,0	Fluoruri	1,5
Arsen	0,05	Hidrogen sulfurat	Lipsă
Cadmiu	0,1	Mercur	0,005
Cianuri (CN^-)	0,1	Nichel	1,0
Clor liber	Lipsă	Produse petroliere	0,1
Crom	0,2	Plumb	0,1
Crom hexavalent	0,05	Sulfură de carbon	1,0
Cupru	0,1	Zinc	5,0
Fier + mangan	0,3	Seleniu	0,05
Cloruri	250,0	Magneziu	125,0
Carbonaţi (CO_3 normal)	35,0	Sulfaţi	250,0

şi diagonale conducînd sterilul în centru şi o cuvetă încăpătoare pentru depozitarea sterilului sub gheaţă în perioadele de îngheţ, menţinînd un hidroecran cu grosimea adecvată pentru limpezirea apei.

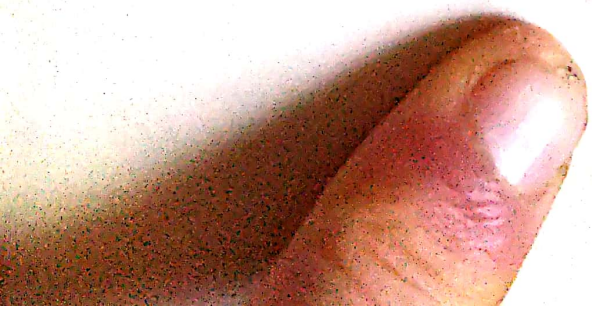
7) *Hidroecranul* : se va controla grosimea hidroecranului menţinîndu-l în limitele stabilite la punerea în funcţiune a instalaţiei, astfel ca apele de scurgere să aibă conţinutul în suspensii sub limita admisibilă.

8) *Unghiul de taluz* : se va controla cu un şablon unghiul de taluz în decursul supraînălţării bordurii, menţinîndu-l cu 1—2° mai mic decît taluzul natural al sterilului.

9) *Utilajul de evacuare* : se controlează rotorul şi statorul pompelor de refulare urmărindu-se gradul de uzură datorit abrazivităţii sterilului.

Conducta de refulare şi conducta deversoare se purjează periodic, golind zestrea de tulbureală şi injectînd apă curată.

După 1—2 ani de funcţionare se constată gradul de uzură prin abraziune al conductei de refulare şi se procedează la rotirea ei cu 120°, dacă este cazul.



Scanned with OKEN Scanner

Capitolul

X

LUCRĂRI DE CERCETARE

Pentru a se cunoaşte în mod fundamental eficacitatea procedeului „*Depunerii subacvatice dirijate*" după o perioadă de aplicare de peste 10 ani s-au efectuat lucrări de cercetare cu privire la :

A. CARACTERISTICILE TULBURELII DE LA PREPARAREA MINEREURILOR

S-au efectuat lucrări comparative de cercetare asupra a 5 categorii de tulbureală cu steril — la I.C.F.E. (Institutul de cercetări foraj extracţie—Cîmpina).

1) *Cele 5 probe luate în consideraţie nu sînt şi nu au — în cadrul preciziei reometrelor de lucru pe care I.C.F.E. le posedă — proprietăţi coloidale* ; ele au aproximativ aceleaşi valori numerice ale viscozităţii dinamice (2,5 cP), deşi valorile filtrărilor sînt foarte diferite între ele.

Deoarece proprietăţile corespunzătoare viscozităţii dinamice nu pot fi decelate prin intermediul viscozimetrelor cu cilindrii coaxiali (Stormer), se consideră util ca ele să fie analizate la dispozitivul de inducţie magnetică nucleară liberă, în scopul de a cerceta întrucît se diferenţiază aceste tulbureli din punctul de vedere al timpului de relaxare.

După cît se pare, aceasta ar fi singura metodă posibilă a fi aplicată acestor tulbureli (tabelul X.1).

2) *Dintre cele 5 probe de tulbureală, cea provenită de la cianuraţia Baia de Arieş decantează cel mai greu.* Aceasta a fost studiată în mod special spre a se stabili dacă are sau nu caracter de emulsie (Laboratorul de emulsii I.C.T.E.E.).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul X. 1. **Proprietățile reologice și fizice ale probelor de tulbureală provenite din instalațiile de preparare** [1)]

Proveniența probei Caracteristici fizice	Baia de Arieș (cianurație auroargentiferă)	Baia de Arieș (flotație — complex)	Gura Barza (stampare auroargentiferă)	Deva (flotație cupriferă)	Capnic (flotație — complex)
Greutatea specifică la $t = +20°C$, în kgf/dm³	1,04	1,02	1,02	1,07	1,04
Raportul *solid/lichid*	1/8	1/3,5	1/19	1/3	1/4
Viscozitatea cinematică (Marsh) s	28	27	27,5	27	27
Viscozitatea dinamică (Stormer) cP	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
*p*H	9,4	6,6	7,1	7,2	7,0
Filtrat *I* din 500 cm³ tulbureală	470 În 20′20″	490 În 10′	495 În 30′	460 În 12′	480 În 16′
Turta I, în mm	9,0	2,5	2,0	10,0	5,0
Filtrat II din 500 cm³ tulbureală	100 În 9′ 40″	305 În 20′	—	210 În 18′	145 În 14′
Turta II, în mm	6,0	3,0	—	8,0	3,0
Filtrat total, în cm³, în 30′, la 7 at	570	795	495	670	525
Turta total, în mm	15,0	5,5	2,0	18,0	8,0

[1)] Determinările s-au efectuat în laboratorul pentru noroaie de foraj (I.C.F.E.) iar cercetarea turtelor sub aspect granulometric a dus la următoarele concluzii:

— tulburelile cu filtrarea cea mai mică au un conținut relativ mare de particule foarte fine — din totalul de suspensii solide, care produc colmatarea materialului cu granulometrie superioară — sedimentul respectiv fiind impermeabil;

— invers, tulburelile cu filtrarea cea mai mare au un conținut foarte redus de particule foarte fine, ceea ce reduce colmatarea, sedimentul respectiv fiind permeabil.

Proba are o culoare galben-brună și aspectul unei emulsii. Supusă unui examen microscopic, se constată că este o suspensie în apă a unor particule minerale.

Microfotografia din fig. X.1 indică aspectul suspensiilor minerale în mediul lor, mărite de 430 ori.

Probele de laborator au indicat următoarele:

Densitatea la $t = 20°C$, în g/cm³	1,037
*p*H-ul lichidul ca atare	3,50
*p*H-ul soluției după filtrare	2,80
Mărimea particulelor, în μ în care predomină cele de 3—6 μ)	1—20

În plus există suspensii coloidale care ecremează cu timpul:

Cantitatea de suspensii determinată prin uscare

Scanned with OKEN Scanner

la $t = 110°C$, în %, din care :	5,60
— substanţe organice (determinate prin calcinare, în %)	3,60
— substanţe minerale	96,40
Cantitatea de suspensii determinată prin :	
— filtrare, în %	20,00
— centrifugare, în %	16,00

Fig. X. 1. Suspesii minerale în mediul lor mărite de 430 ori.

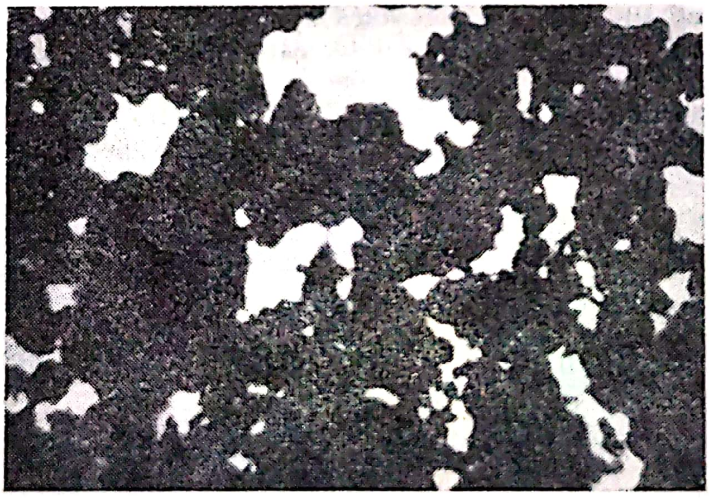


Fig. X. 2. Suspensii minerale după uscare la temperatura de 110°C mărite de 430 ori.

Microfotografia din fig. X.2 indică aspectul suspensiilor după uscare la $t = 110°C$, mărite de 430 ori.

În tabelul X.2 se indică modul de sedimentare a suspensiilor în funcţie de timp, cu sau fără aditivi, la temperatura camerii de 24°C.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul X.2. **Sedimentarea suspensiilor**

Aditivul	Volumul, în %, ocupat de suspensii, după un timp de, în h						
	1/4	1/2	1	2	4	6	20
Proba ca atare	60	54	48	40	34	32	30
$CuNa_2Co_3 + Al_2(SO_4)_3$ în concentrații la ‰ de :							
0,10 + 0,05	60	54	48	38	34	34	34
0,10 + 0,10	62	56	50	41	36	36	34
0,10 + 0,20	69	59	52	42	36	36	34
0,10 + 0,40	71	62	54	42	36	36	34
0,10 + 0,60	72	62	54	42	36	36	34
Cu NaOH în concentrații la ‰ de :							
0,05	88	72	56	40	36	34	—
0,05	88	76	65	48	44	40	—
0,025	88	76	56	48	44	40	—
Cu HCl în concentrații la ‰ de :							
0,05	80	76	56	48	44	44	—
0,015	78	68	50	43	40	40	—
0,025	64	60	44	40	36	32	—

Introducerea în lichid a substanțelor tensioactive neionice cu 8 sau 27 moli oxid de etilenă în cantități de 0,01% pînă la 0,5% nu accelerează și nici nu întîrzie sedimentarea particulelor în suspensie.

Concluzii. Cercetările efectuate au arătat că tulburelile de la prepararea minereurilor, deși decantează foarte greu, sînt suspensii coloidale și nu emulsii propriu-zise. Particulele coloidale (micele) dispersate — din tulbureală — posedă sarcini electrice de același semn la toate particulele coloidului.

Apariția sarcinii electrice se explică prin adsorbția ionilor aflați în soluție, de către particulele dispersate; ionii adsorbiți se adună și încarcă particula dispersată, formînd stratul difuz.

Înlăturarea (înlocuirea reciprocă) a unor ioni de către alții (din coloizii adsorbanți) se efectuează conform legii acțiunii maselor.

Coagularea prin neutralizarea sarcinilor electrice are loc [66]:

1) Cînd se coboară potențialul zeta[1] al coloizilor (fig. X.3).

1) Potențialul electrocinetic sau potențialul zeta este diferența de sarcină electrică existentă între coloidul stabil și mediul dispers.

Scanned with OKEN Scanner

2) Cînd se neutralizează sarcina coloidală prin interacţiunea mediului cu un exces de sarcini electrice opuse, de regulă coloizi hidroxilici formaţi prin reacţia coagulantului cu ioni în apă. Coloizii coagulanţi devin de asemenea instabili prin reacţii cu coloizii străini, de sarcină opusă şi produc hidroxid care este un material floculant.

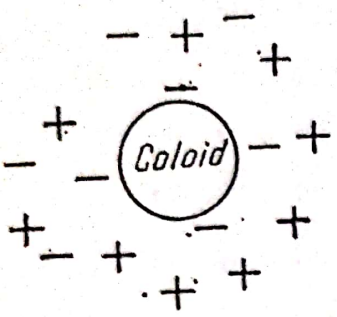


Fig. X. 3. Coloid stabil.

Sarcina particulelor coloidale se datorește în cea mai mare măsură adsorbţiei preferenţiale de ioni, de regulă H^+ sau OH^-, din mediul de dispersare; sarcina poate fi de asemenea datorită, în parte, ionizării directe a unei porţiuni din grupele structurale ale micelului, ca: grupele funcţionale aminice şi carboxilice.

Oxizii de fier, ca şi alţi soli de particule metalice, pot obţine ambele sarcini, pozitivă şi negativă:

$$\left[\begin{matrix}FeO\\FeO\cdot xHOH\\O\end{matrix}\right]Fe^{+3}\leftarrow\left\{\begin{matrix}OH^-\\OH^-\\OH^-\end{matrix}\right.$$

Excesul de Fe^{3+} produce încărcarea pozitivă a coloizilor:

$$\left[\begin{matrix}FeO\\FeO\cdot xH_2O\\O\end{matrix}\right]OH^-\leftarrow H^+$$

Excesul de OH^{3+} produce încărcarea negativă a coloizilor [66].

Cu toate acestea, un coloid poate dobîndi o sarcină prin alte mijloace decît adsorbţia.

Cînd o proteină este dizolvată în soluţie, aceasta poate fi reprezentată schematic astfel:

Baza moleculei de proteină $\begin{matrix}NH_2^+\\COO^-\end{matrix}$

Solul (soluţia coloidală) este astfel stabilizată prin ionizarea inerentă a grupurilor din însăşi molecula micelului

O schimbare oarecare a tipului şi numărului de ioni ai stratului-dublu va reduce potenţialul ζ astfel încît coloidul îşi va pierde stabilitatea.

Stabilitatea este abilitatea de a se opune precipitării şi/sau coagulării în particule relativ mari.

Un coloid este cu atît mai stabil, cu cît posedă o sarcină electrică mai mare şi o dimensiune mai mică.

Scanned with OKEN Scanner

B. COMPARAȚIE ÎNTRE SEDIMENTELE DEPUSE SUBACVATIC CU STRATIFICAȚIE ÎNCRUCIȘATĂ ȘI CELE FĂRĂ STRATIFICAȚIE ÎNCRUCIȘATĂ

Pentru a avea o bază de apreciere a înălțimii la care pot fi ridicate actualele depozite de steril care în prezent au înălțimi între 10,00 și 20,00 m, a fost necesară o cercetare metodică și bine fundamentată a structurii și consolidării sedimentelor; în acest scop, în mai multe depozite de steril s-au executat foraje astfel amplasate încît să se obțină două profile după cum urmează:

1) *Un profil de-a lungul conturului periferic* pentru verificarea stabilității și impermeabilității digului de centură.

2) *Un profil transversal, perpendicular pe cel periferic*, pentru investigarea consolidării sedimentului de la periferie spre centrul iazului.

În acest scop s-au executat foraje în 5 depozite cu diferite categorii de steril unde s-a aplicat procedeul „*Depunerii subacvatice cu stratificație încrucișată*". Astfel:

Nr. crt.	Localitatea	Nr. de foraje	În depozitul de steril	În funcțiune din anul
1	Deva	6	Provenit de la flotarea minereului de cupru	1952
2	Gura Barza	7	Provenit de la stamparea minereului auroargentifer	1956
3	Baia de Arieș	5	Provenit de la flotarea minereului complex	1953 (fig. X.4)
4	Baia de Arieș	5	De la rămășițele auroargentifere provenite de la flotarea minereului auroargentifer	1954 (v. fig. IX.4)
5	Baia de Arieș	5	I, provenit de la cianurarea rămășițelor auroargentifere [1)]	1961—1962

[1] Este vorba de rămășițele auroargentifere de la flotație, depozitate provizoriu în anii 1954—1960, (v. fig. IX 7), care au fost aduse prin hidromecanizare în instalația de cianurare (v. fig. IX. 5 și fig. IX 6).

Pentru comparație s-au executat foraje și într-un depozit de steril situat la Brăzești — 4 km aval de instalația de preparare — unde nu s-a aplicat procedeul „*Depunerii subacvatice cu stratificație încrucișată*".

Scanned with OKEN Scanner

Nr. crt.	Localitatea	Nr. de foraje	În depozitul de steril	În funcțiune
1	Baia de Arieș (Brăzești)	5	II, provenit de la cianurarea rămășițelor auroargentifere [1]	1963—1964

[1] Aceste rămășițe fuseseră depozitate provizoriu în perioada 1954—1960 și apoi aduse în instalația de cianurare prin hidromecanizare.

Tot pentru comparație s-au executat foraje în depozitul de la Capnic; în etapa I (1954—1962) pînă la o înălțime de 12,00 m s-a aplicat procedeul „*Depunerii subacvatice cu stratificație încrucișată*"; în etapa II (1963—1964) de la 12,00 la 15,00 m înălțime s-a folosit hidrociclonul, reținînd la periferia iazului granulația grobă, iar cea fină cu tulbureală s-a scurs spre centrul iazului

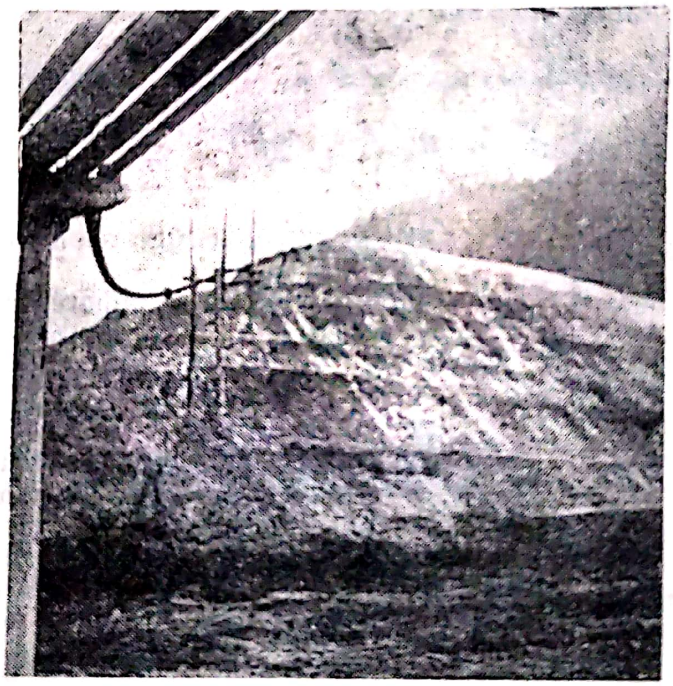


Fig. X. 4. Dig din steril de minereu complex de Baia de Arieș — iazul *I*.

Din forajele arătate mai înainte s-au colectat probe — pe cît posibil netulburate — de circa 0,50 m la intervale de 1,00 pînă la 2,00 m care au fost analizate din punct de vedere geotehnic: granulometria, greutatea volumetrică, porozitatea, indicele porilor, gradul

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul X.3. **Umiditatea şi porozitatea sedimenteior din primele iazuri**

Iazul	Umiditatea, %		Volumul porilor, %		Observaţii
	Sus	La talpă	Sus	La talpă	
Gura Barza	6,3— 7,1	22,7—29,7	47,3	40,5	De-a lungul digului
	4,3— 19,3	21,9—34,1	50,4	39,9	Perpendicular pe dig
Deva	5,4— 11,7	21,1—38,0	55,7	38,5	De-a lungul digului
	—	—	—	—	
Capnic	15,2— 19,6 (hidrociclon)	19,8—31,3 (deversare dirijată)	49,8	32,9	De-a lungul digului
			49,6 (hidrociclon)	30,4 (deversare dirijată)	Perpendicular pe dig
Baia de Arieş (Flotaţie)	6,4— 9,3	20,5—31,3	37,4	—	—
	6,8— 12,9	28,4—36,9	41,0	34,5	—
Baia de Arieş (4 km depărtare de flotaţie) Deversare nedirijată	B 16— 32,0	81,0	53,9	51,1	De-a lungul digului
	B 17— 39,9	114,1	57,7	—	
	B 18— 14,5	—	52,4	—	
	B 19— 24,7	60,1	54,0	—	
	B 20—104,0	—	74,2	50,2	

Tabelul X.4. **Unghiul de frecare interioară şi capacitatea de îndesare determinate pe probele luate din iazurile arătate mai înainte**

Iazul	Unghiul de frecare interioară	Capacitatea de îndesare
Deva	34°15′—46°00′	0,40—0,60
Gura Barza	21°25′—35°45′	0,33—0,60
Capnic	31°00′—40°00′	0,30—0,65
	17°20′—20°10′ [1]	0,35—0,90 [1]
Baia de Arieş	25°10′—35°40′	0,20—0,40
	13°30′—20°40′ [2]	0,43—0,95 [2]

[1] Partea superioară unde s-a folosit hidrociclonul.

[2] Iazul din aval unde nu s-a aplicat procedeul depunerii subacvatice.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul X.5. **Caracteristicile geotehnice**

Caracteristica	Baia de Arieș complex	Baia de Arieș aurifer lîngă flotație	Baia de Arieș aurifer Brăzești la 4 km de flotație
Greutatea volumetrică, în kg/dm³	1,46 sus 2,09 talpă	1,63 sus 1,85 talpă	1,40 sus 1,70 talpă
Gradul de îndesare: *D* 1/3 afînat 0,33 *D* 2/3 îndesare mijlocie 0,67 *D*>2/3 îndesat >0,67	0,69—0,98	0,70— 1,00	Nu s-a putut determina datorită prezenței materialului argilos
Capacitatea de îndesare (în general 0,35—0,70)	0,44— 0,67	0,40— 0,65	Idem
Coeziunea, în kg/cm²	0,00— 0,81	0,00— 0,30	Idem
Unghiul de frecare, în grade	25° suprafață 20° talpă	29° suprafață 25° talpă	14° sus 8° talpă
Tasarea la 2 kgf/cm²	13,00— 63,00	20,00— 39,00	34,00—186,00
Tasarea la 3 kgf/cm²	28,00—143,00	30,51—125,00	22,00— 71,50
Stabilitatea taluzului	1,37— 1,40	1,30	0,90— 1,00 (deversare nedirijată)

de îndesare, capacitatea de îndesare, umiditatea naturală, plasticitatea, indicele de consistență, coeziunea; unghiul de frecare interioară, compresibilitatea sedimentului, umiditatea optimă de compactare, compoziția mineralogică a sedimentului.

Datele geotehnice din tabelele X.3, X.4 și X.5 obținute prin determinări efectuate pe probele luate din foraje — executate la IPROMIN, confirmă că acolo unde nu s-a făcut deversarea dirijată a tulburelii — Baia de Arieș — iazul la 4 km de flotație s-a produs ruptura digului.

Același steril depus conform metodologiei „*Depunerii subacvatice dirijate*", a produs un sediment compact așa cum se vede în fig. IX.7, iar cînd a fost depus fără respectarea metodologiei, sedimentul respectiv a alunecat (fig. X.5).

De asemenea, la Capnic prin folosirea hidrociclonului s-au îndepărtat substanțele argiloase și digul n-a mai fost impermeabil; s-a produs ruperea digului prin străpungere și spălare (v. fig. IX.8).

Verificările prin calcul analitic arată că taluzurile sînt stabile cu excepția digurilor Capnic și Baia de Arieș (Brăzești), unde s-au produs rupturi (v. fig. X.5).

Scanned with OKEN Scanner

ale sedimentelor din iazuri

Deva cuprifer	Gura Barza aurifer	Capnic complex	
1,47	sus	1,50 sus	1,52 sus
1,98	talpă	1,96 talpă	2,12 talpă
0,65— 0,92		Nu s-a raportat	0,60 sus
			0,97 talpă
0,43— 0,69		0,33— 0,64	0,52— 0,90 sus
			0,37— 0,44 talpă
0 — 0,66		0,20— 0,63	0,00— 0,02 sus
			0,20— 0,55 talpă
45°	sus	35° sus	20° sus
29°	talpă	19° talpă	40° la jumătate
			21° la talpă
11,00— 46,00		20,00— 52,00	8,00— 37,00 sus
66,50—200,00			21,00— 46,00 talpă
			83,50—250,00 sus
			71,50—143,00 talpă
Nu s-a raportat		1,15— 1,20	1,01— 1,09 sus (cu hidrociclon)
			1,29 talpă

Fig. X. 5. Avaria digului de la Baia de Arieş (Brăzeşti) şi încovoierea conductei deversoare a sterilului provenit de la cianurarea rămăşiţelor auroargentifere.

Scanned with OKEN Scanner

C. COMPOZIȚIA MINERALOGICĂ A STERILELOR ȘI IMPERMEABILITATEA DIGURILOR

În vederea stabilirii unei corelații între proprietățile de impermeabilitate a sterilelor și compoziția lor mineralogică, în special aceea a fracțiunilor granulometrice fine (pelitice), s-au efectuat în laboratoarele I.P.C.G.P. București (Institutul de proiectări și cercetări geologice pentru petrol — București) analize mineralogice și granulometrice, ale căror rezultate sînt expuse în tabelul X.6.

Impermeabilitatea este asigurată de colmatarea interstițiilor cu particulele din fracțiunea pelitică.

Dimensiunea nu este însă o condiție suficientă, intervenind și natura materialului acestor particule.

Este semnificativ că tocmai la sterilul de la Capnic, unde materialul argilos practic lipsește, fracțiunea pelitică, fiind compusă numai din granule minerale (predominant de cuarț), digul nu a rezistat.

Spre deosebire de sedimentele naturale, la cele tehnogene datorită proceselor de măcinare a minereului, fracțiunea pelitică nu este compusă numai din minerale argiloase, ci și din granule de minerale (în special cuarț), care au fost mărunțite pînă la aceste dimensiuni.

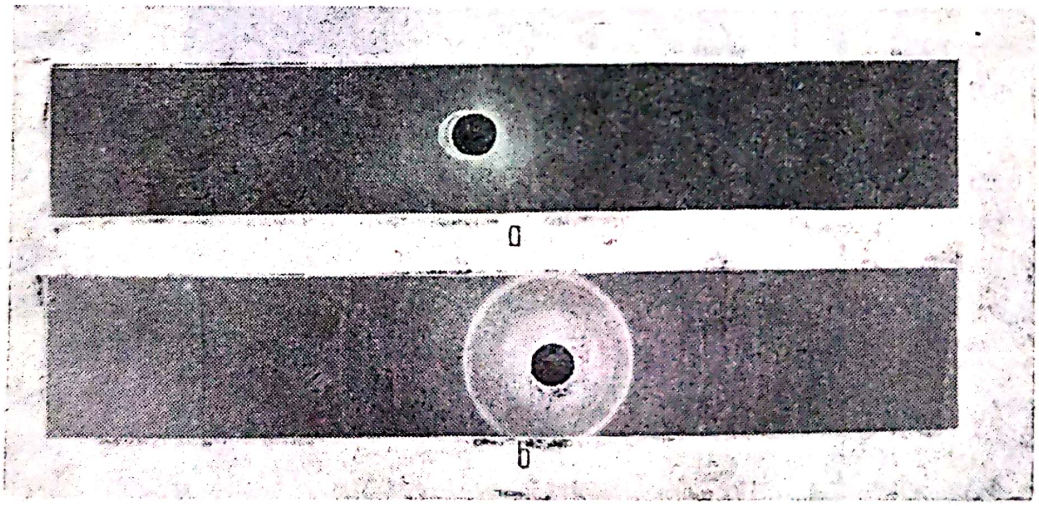


Fig. X. 6. Roentghenograma argilei de Baia de Arieș (I.P.C.G.P.): *a* — montmorillonit (steril din minereu auroargentifer); *b* — caolinit (steril din minereu complex).

Aceste particule avînd aceleași dimensiuni „pelitice" au densități diferite, mineralele argiloase fiind mai puțin dense.

Deoarece în etapa a doua de înălțare a digului s-au adaptat hidrocicloanele, particulele argiloase mai ușoare au fost spălate,

Tabelul X.6. **Alcătuirea mineralogică a sterilului din tulbureală (I.C.P.G.)**

	Proveniența sterilului (locul și natura minereului)				
	Deva – cuprifer	Gura Barza – auroargentifer	Cavnic complex	Baia de Arieș	
				Complex	Auroargentifer
a. Componența sterilului în %					
1 Agregate argilo-calcitice	19	25	—	—	29
2 Agregate cuarțitice	8	18	11	—	18
3 Agregate argilo-sericitoase	—	—	—	10	—
4 Cuarț	36	18	47	34	22
5 Clorit	8	8	6	5	7
6 Feldspați	6	—	—	—	4
7 Hornblendă verde	6	—	—	—	—
8 Granați	4	—	3	3	—
9 Limonit	5	4	4	—	3
10 Calcit	8	14	14	30	—
11 Zircon	—	4	3	—	3
12 Pirită	—	9	8	13	6
13 Magnetit	—	—	4	5	—
14 Rutil	—	—	—	—	5
15 Epidot	—	—	—	—	3
Total	100	100	100	100	100
b. Reziduu, în %, insolubil, în HCl, din care :	85	83	85	71	86
16. Pelit (0,01 m/m)	75	58	81	65	77
17. Aleurit (0,1—0,01 mm)	10[1)]	25[1)]	4	6	9
c. Granulometria sterilelor					
18. Clase granulometrice :					
0,01	88	70	95	91	89
0,01—0,10	10	14	3	8	9
0,10—0,25	2	15	2	1	2
0,25—0,50	—	1	—	—	—
0,50—1,00	—	—	—	—	—
1,00—2,00	—	—	—	—	—
2,00	—	—	—	—	—
Total	100	100	100	100	100

[1)] Inclusiv psamit (1—0,1 mm).

Scanned with OKEN Scanner

fracţiunea pelitică a sterilului rămînînd formată numai din granule fine de cuarţ şi alte minerale; deşi a colmatat interstiţiile, nu au putut realiza o bună impermeabilizare.

Examinînd celelalte sterile se constată că tocmai sterilul cu materialul argilos cel mai abundent — Baia de Arieş — auro-argentifer — a prezentat cele mai bune calităţi.

Pentru a evidenţia influenţa naturii materialului argilos, s-au folosit roentghenograme (fig. X.6) şi analize termodiferenţiale (fig. X.7).

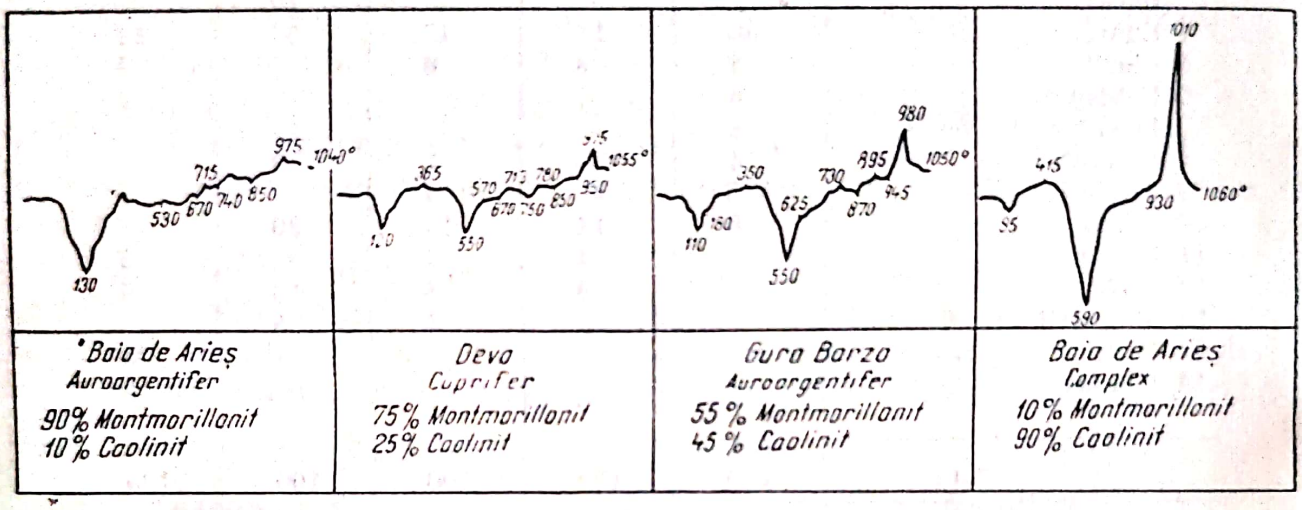


Fig. X. 7. Curbele analizelor termodiferenţiale A.T.D. prin comparaţie cu curbele tip.

D. STABILITATEA DEPOZITELOR DE STERIL

Panta taluzurilor. Metoda cea mai uzuală de calcul al unghiului de taluz stabilit ţine cont numai de unghiul de frecare interioară şi coeziune C, ajungîndu-se la următoarele formule:

$$\begin{cases} \textit{Pentru roci necoezive}: \operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\varphi \\ \textit{Pentru roci coezive}: \operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\varphi + \dfrac{C}{\gamma h} \end{cases}$$

În ambele situaţii se neglijează forţele de infiltraţie care exercită o influenţă asupra valorii unghiului de taluz stabil.

În cazul depozitelor de steril asupra taluzurilor acționează, pe lîngă greutatea particulelor de sediment și forțele de infiltrație ale apei, iar unghiul taluzului variază în funcție de valoarea presiunii hidrodinamice. Cu cît taluzul va fi mai abrupt, cu atît panta hidraulică a apelor care ies pe suprafața liberă a taluzului va fi mai mare și prin urmare influența forțelor de infiltrație va fi și ea mai mare.

Condiția de stabilitate, considerînd că direcția presiunilor hidromecanice D' coincide cu direcția taluzului, este dată de relațiile :

1) *Forțele care produc alunecarea* :
$T = Q \sin\alpha'$; $D' = \gamma_1 n \operatorname{tg}\alpha' = nI$,
în care :
$n = \dfrac{e}{1+e}$ este volumul porilor la unitatea de volum
e — indicele golurilor (raportul dintre volumul golurilor și volumul particulelor solide
I — gradientul hidraulic

2) *Forțele care reține elementul pe suprafața taluzului* :
$T' = N f = Q\cos\alpha' \operatorname{tg}\varphi$; $Q = \gamma_0\gamma_1$
în care :
γ_0 este greutatea volumetrică a sedimentului
γ_1 — greutatea volumetrică a apei

Pentru un taluz stabil forțele de alunecare trebuie să fie mai mici ca forțele de stabilitate. Introducînd coeficientul de stabilitate S se obține :

$$\gamma_1 n \operatorname{tg}\alpha' + \gamma_0 \sin\alpha' = \frac{1}{S}(\gamma_0 \cos\alpha' \operatorname{tg}\varphi); \quad S = \frac{\gamma_0 \cos\alpha' \operatorname{tg}\varphi}{\gamma_1 n \operatorname{tg}\alpha' + \gamma_0 \sin\alpha'}.$$

Dacă $n > 1$ taluzul va fi stabil.

Cunoscînd cele două forțe se poate construi grafic rezultanta lor. Se măsoară apoi de la direcția rezultantei un unghi egal cu $90° - \varphi$, iar direcția obținută $\overline{a'b'}$ determină unghiul limită al taluzului. Unghiul astfel obținut se verifică analitic prin formula indicată, astfel încît condiția de stabilitate $S > 1$ să fie satisfăcută (fig. X.8).

Introducînd în formula de mai înainte valorile parametrilor determinați pe probele recoltate, rezultă că stabilitatea taluzurilor este asigurată la un unghi $\alpha < \alpha' = 35°$ verificat prin metoda analitică după cum urmează, pentru iazul nr. 1 Baia de Arieș.

Scanned with OKEN Scanner

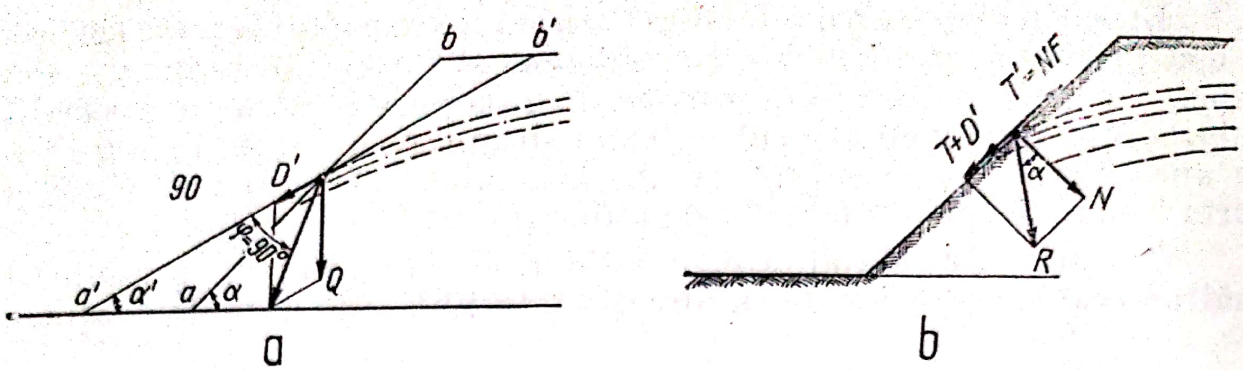


Fig. X. 8. Schiţa explicativă a determinării stabilităţii digului peste unghiul de frecare interioară determinat în laborator :

a { $\overline{ab}$ – taluzul stabil în cazul rocilor necoezive fără influenţa forţelor de infiltraţie
$\overline{a'b'}$ – taluzul stabil în cazul rocilor necoezive sub influenţa forţelor de infiltraţie
Q – sarcina, în g/cm³, a masei expusă alunecării
D' – presiunea hidrodinamică generată de curgerea apei
R – rezultanta celor două forţe

b { $T + D'$ sînt forţele care produc alunecarea
$T' = NF$ este forţa care reţine elementul pe suprafaţa taluzului
Direcţia presiunilor hidrodinamice D' coincide cu direcţia taluzului.

1. Iazurile Baia de Arieş

Iazul nr 1. Sterilul de la Flotaţia minereuri complexe

Forajul	Parametri	Condiţia de stabilitate
F_1	$\alpha' = 35°$ $\varphi = 20°15'$ $\gamma_0 = 1{,}97$ g/cm³ $e = 0{,}45$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \frac{\gamma_0 \cos\alpha' \operatorname{tg}\varphi}{\gamma_1 n \operatorname{tg}\alpha' + \gamma_0 \sin\alpha'} = \frac{1{,}97 \times 1{,}91 \times 1{,}56}{(1 \times 0{,}45 \times 1{,}84) + (1{,}97 \times 1{,}75)} = \frac{5{,}86}{4{,}26} = 1{,}37$ $S = 1{,}37$; $S > 1$
F_2	$\alpha' = 35°$ $\varphi = 20°$ $\gamma_0 = 1{,}73$ g/cm³ $e = 0{,}31$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \frac{1{,}73 \times 1{,}91 \times 1{,}56}{(1 \times 0{,}31 \times 1{,}84) + (1{,}73 \times 1{,}75)} = \frac{5{,}04}{3{,}59} = 1{,}40$ $S = 1{,}40$; $S > 1$
F_3	$\alpha' = 35°$ $\varphi = 21°20'$ $\gamma_0 = 1{,}90$ g/cm³ $e = 0{,}40$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \frac{1{,}90 \times 1{,}91 \times 1{,}59}{(1 \times 0{,}40 \times 1{,}84) + (1{,}90 \times 1{,}75)} = \frac{5{,}75}{4{,}05} = 1{,}40$ $S = 1{,}40$; $S > 1$

Observaţie : Taluzul rezultat din depunerea sterilului este $>35°$ şi nu au avut loc alunecări.

Scanned with OKEN Scanner

Iazul nr. 2 Flotație minereu aurifer. Pentru iazul nr. 2 unghiul de taluz stabil $\varphi = 30°$, verificat analitic la F_6, F_7 și F_8.

Forajul	Parametri	Condiția de stabilitate
F_6	$\alpha' = 30°$ $\varphi = 18°, 15'$ $\gamma_0 = 1{,}74$ g/cm³ $e = 0{,}52$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \frac{1{,}74 \times 1{,}93 \times 1{,}51}{(1 \times 0{,}52 \times 1{,}76) + (1{,}74 \times 1{,}69)} = \frac{5{,}05}{3{,}85} = 1{,}30$ $S = 1{,}30;\ S > 1$
F_7	$\alpha' = 30°$ $\varphi = 18°$ $\gamma_0 = 1{,}72$ g/cm³ $e = 0{,}41$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \frac{1{,}72 \times 1{,}93 \times 1{,}51}{(1 \times 0{,}41 \times 1{,}76) + (1{,}72 \times 1{,}69)} = \frac{4{,}99}{3{,}62} = 1{,}30$ $S = 1{,}30;\ S > 1$
F_8	$\alpha' = 30°$ $\varphi = 18°$ $\gamma_0 = 1{,}50$ g/cm³ $e = 0{,}46$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \frac{1{,}50 \times 1{,}93 \times 1{,}51}{(1 \times 0{,}46 \times 1{,}76) + (1{,}50 \times 1{,}69)} = \frac{4{,}36}{3{,}33} = 1{,}30$ $S = 1{,}30;\ S > 1$

Observație : Taluzul realizat nu a depășit 30° și nu au avut loc alunecări.

Iazul nr 4. Cianurație

Forajul	Parametri	Condiția de stabilitate
F_{19}	$\alpha' = 25°$ $\varphi = 15°$ $\gamma_0 = 1{,}63$ g/cm³ $e = 0{,}60$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \frac{1{,}63 \times 1{,}95 \times 1{,}42}{(1 \times 0{,}60 \times 1{,}66) + (1{,}63 \times 1{,}62)} = \frac{4{,}50}{3{,}63} = 1{,}20$ $S = 1{,}20;\ S > 1$
F_{20}	$\alpha' = 25°$ $\gamma = 15°$ $\gamma_0 = 1{,}40$ g/cm³ $e = 0{,}74$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \frac{1{,}40 \times 1{,}95 \times 1{,}42}{(1 \times 0{,}74 \times 1{,}66) + (1{,}40 \times 1{,}62)} = \frac{3{,}87}{3{,}48} = 1{,}10$ $S = 1{,}10;\ S > 1$

Scanned with OKEN Scanner

Stabilitatea iazului nr 4 (Cianurație) este asigurată la un taluz de 25° conform verificărilor analitice de mai înainte.

Acest iaz a fost însă rupt în două locuri în iunie 1963. Măsurătorile făcute pe teren au arătat taluzuri a căror valoare variază între 30 și 38°, ceea ce explică ruperea digului.

* * *

Coeficienții de permeabilitate determinați de probele recoltate demonstrează neomogenitatea sedimentelor, privind această caracteristică, deci posibilitatea formării curenților superficiali de filtrare (Baia de Arieș).

Valorile acestor coeficienți, în cm/s, care sînt informativi, variază pe foraje astfel:

$$\begin{cases} F_1 : 1{,}16\times10^{-3} - 5{,}57\times10^{-3}; & F_2 : 2{,}60\times10^{-3} - 5{,}45\times10^{-3} \\ F_3 : 1{,}35\times10^{-3} - 7{,}42\times10^{-3}; & F_4 : 2{,}60\times10^{-3} - - - \\ F_5 : - - - 7{,}77\times10^{-3}; & F_6 : 2{,}32\times10^{-3} - - - \\ F_7 : 1{,}27\times10^{-3} - 1{,}62\times10^{-3}; & F_8 : - - - 5{,}96\times10^{-4} \\ F_9 : 5{,}57\times10^{-3} - 5{,}91\times10^{-3}; & F_{10} : - - - 4{,}00\times10^{-4} \\ F_{11} : 1{,}41\times10^{-3} - - - ; & F_{12} : 2{,}80\times10^{-3} - - - \\ F_{13} : 2{,}20\times10^{-3} - - - ; & F_{14} : 2{,}70\times10^{-3} - - - \\ F_{15} : 0{,}99\times10^{-3} - - - ; & F_{16} : 2{,}54\times10^{-3} - - - \\ F_{17} : 1{,}74\times10^{-3} - - - ; & F_{18} : 4{,}98\times10^{-3} - - - \\ F_{19} : 3{,}48\times10^{-3} - - - ; & F_{20} : 1{,}50\times10^{-3} - - - \end{cases}$$

2. Iazul de decantare Brad

Forajul	Parametri	Condiția de stabilitate
1	2	3
F_1	$\alpha' = 20°$ $\varphi = 25°10'$ $\gamma_0 = 1{,}67$ g/cm³ $e = 0{,}84$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³ $H = 5{,}80$ m de la baza taluzului	$S = \dfrac{1{,}67 \times 0{,}93 \times 0{,}46}{\left(1 \times \dfrac{0{,}84}{1 + 0{,}84} \times 0{,}36\right) + (1{,}67 \times 0{,}34)} = \dfrac{0{,}71}{0{,}72} = 0{,}98$ $S = 0{,}98$; $S < 1$ Unghiul de 20° nu asigură stabilitatea taluzului

Forajul	Parametri	Condiția de stabilitate
1	2	3
F_2	$\alpha' = 20°$ $\varphi = 20°10'$ $\gamma_0 = 1{,}64$ g/cm³ $e = 0{,}83$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³ $H = 6{,}10$ m de la baza taluzului	$S = 0{,}80$; $S < 1$ Unghiul de 20° nu asigură stabilitatea taluzului
F_3	$\alpha' = 20°$ $\varphi = 31°$ $\gamma_0 = 1{,}87$ g/cm³ $e = 0{,}80$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³ $H = 4{,}00$ m de la baza taluzului	$S = 2{,}35$; $S > 1$ Unghiul de 20° asigură stabilitatea taluzului
F_4	$\alpha' = 20°$ $\varphi = 23°15'$ $\gamma_0 = 1{,}57$ g/cm³ $e = 0{,}81$ $\gamma_1 = 1{,}00$ $H = 7{,}00$ m de la baza taluzului	$S = 0{,}91$; $S < 1$ Unghiul de 20° nu asigură stabilitatea taluzului
F_5	$\alpha' = 20°$ $\varphi = 25°20'$ $\gamma_0 = 1{,}93$ g/cm³ $e = 0{,}71$ $\gamma_1 = 1{,}00$ $H = 10{,}00$ m de la baza taluzului	$S = 1{,}09$; $S > 1$ Unghiul de 20° asigură stabilitatea taluzului

Stabilitatea taluzului pentru un unghi de 20° este confirmată numai la F_3 care este amplasat cel mai aproape de baza taluzului, 2,00 m, forajele F_1, F_2 și F_4 care formează un aliniament paralel cu latura mare a digului spre interiorul iazului prezintă caracteristici geotehnice mai slabe referitor la stabilitate, ceea ce învederează că valorile parametrilor care determină stabilitatea taluzului scad de la suprafață în adîncime și de la periferie spre centrul iazului ca urmare a prezenței apei.

Coeficienții de permeabilitate determinați pe probele recoltate demonstrează neomogenitatea sedimentelor privind această caracteristică, deci posibilitatea formării curenților superficiali de filtrare (Brad).

Scanned with OKEN Scanner

Valorile acestor coeficienți, în cm/s, care sînt informative, variază pe foraje, astfel:

$$\begin{cases} F_1: 1{,}35\times10^{-3} - 9{,}60\times10^{-3} \\ F_2: 4{,}20\times10^{-3} - 2{,}10\times10^{-3} \\ F_3: 8{,}94\times10^{-3} - 1{,}20\times10^{-2} \\ F_4: 8{,}50\times10^{-4} - 1{,}10\times10^{-2} \\ F_5: 6{,}09\times10^{-4} - 9{,}80\times10^{-3} \end{cases}$$

3. Iazul de decantare Deva

Forajul	Parametri	Condiția de stabilitate
1	2	3
F_1	$\alpha' = 22°$ $\varphi = 30°$ $\gamma_0 = 1{,}50$ g/cm³ $e = 0{,}90$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \dfrac{1{,}50 \times 0{,}92 \times 0{,}57}{\left(1 \times \dfrac{0{,}90}{1+0{,}90} \times 0{,}40\right) + (1{,}50 \times 0{,}37)} = \dfrac{0{,}78}{0{,}73} = 1{,}07$ $S = 1{,}07;\ S > 1$
F_2	$\alpha' = 22°$ $\varphi = 23°48'$ $\gamma_0 = 1{,}72$ g/cm³ $e = 0{,}90$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = 0{,}84;\ S < 1$ Forajul nr. 2 prezintă o anomalie comună tuturor caracteristicilor geotehnice, deci și în ceea ce privește unghiul de taluz stabil
F_3	$\alpha' = 22°$ $\varphi = 27°30'$ $\gamma_0 = 1{,}63$ g/cm³ $e = 0{,}90$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = 1{,}13;\ S > 1$

Deoarece iazul mic de la Deva nu mai este în exploatare din aprilie 1963, curenții superficiali de filtrare au dispărut ne mai avînd sursă de alimentare, iar perna de apă care forma ecranul hidraulic s-a infiltrat în sediment, cantonîndu-se în stratele de la bază. De asemenea, curentul principal are o grosime foarte redusă, tot din lipsa unei surse de alimentare.

Coeficienții de permeabilitate, determinați pe probele recoltate, demonstrează neomogenitatea sedimentelor privind această caracteristică, deci posibilitatea formării curenților superficiali de filtrare.

Scanned with OKEN Scanner

Valorile acestor coeficienţi, în cm/s, variază pe foraje, astfel:

$$\begin{cases} F_1: 0{,}0026-0{,}000360; & F_2: 0{,}0034-0{,}000700 \\ F_3: 0{,}0077-0{,}000580; & F_4: 0{,}0091-0{,}000100 \\ F_5: 0{,}0013-0{,}000669; & F_6: 0{,}0140-0{,}000039 \end{cases}$$

4. Iazul de decantare Capnic

Forajul	Parametrii	Condiţia de stabilitate
1	2	3
F_1	$\alpha' = 22°$ $\varphi = 31°$ $\gamma_0 = 1{,}6$ g/cm³ $e = 0{,}70$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = \dfrac{1{,}6 \times 0{,}92 \times 0{,}6}{\left(1 \times \dfrac{0{,}70}{1+0{,}70} \times 0{,}40\right) + (1{,}60 \times 0{,}37)} =$ $= \dfrac{0{,}88}{0{,}75} = 1{,}17$ $S = 1{,}17$; $S > 1$ Unghiul de 22° asigură stabilitatea tuluzului
F_2	$\alpha' = 22°$ $\varphi = 29°$ $\gamma_0 = 1{,}45$ g/cm³ $e = 0{,}78$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = 1{,}04$; $S > 1$ Unghiul de 22° asigură stabilitatea taluzului
F_5	$\alpha' = 22°$ $\varphi = 30°$ $\gamma_0 = 1{,}50$ g/cm³ $e = 0{,}70$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm	$S = 1{,}09$; $S > 1$ Unghiul de 22° asigură stabilitatea taluzului
F_6	$\alpha' = 22°$ $\varphi = 27°30'$ $\gamma_0 = 1{,}60$ g/cm³ $e = 0{,}70$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = 1{,}01$; $S > 1$ Unghiul de 22° asigură stabilitatea taluzului
F_7	$\alpha' = 22°$ $\varphi = 27°50'$ $\gamma_0 = 1{,}68$ g/cm³ $e = 0{,}73$ $\gamma_1 = 1{,}00$ g/cm³	$S = 1{,}29$; $S > 1$ Unghiul de 22° asigură stabilitatea taluzului

Scanned with OKEN Scanner

E. CERCETĂRI GEOFIZICE

În anul 1964 s-a efectuat în colaborare cu I.S.P. (Institutul de Studii și Prospecțiuni) București un studiu experimental geofizic privind structura depozitelor de steril din iazurile Deva, Gura Barza, Baia de Arieș și Capnic [51].

Studiul geofizic a constat din cercetări seismice și electrometrice de suprafață, pe profile longitudinale și transversale, exetate conform metodologiei expuse în studiul I.S.P.

Profilele longitudinale de 100,00 pînă la 200,00 m lungime au fost dispuse pe conturul plăjii la circa 10,00 m depărtare de bordura plăjii.

Profilele transversale au fost dispuse perpendicular pe cele longitudinale, avînd o lungime doar de 30,00 m și pornind de la profilul longitudinal spre interiorul iazului.

Profilele longitudinale pentru cercetări seismice s-au suprapus cu cele pentru cercetări electrometrice.

Cercetările seismice s-au efectuat cu metoda refracției, iar cele electrometrice cu metoda sondajului electric vertical.

Rezultatele cercetărilor geofizice au condus la următoarele concluzii :

1) *Pe profilele studiate seismic și electrometric se separă în depozitele respective de steril un strat mai uscat și afînat de steril situat la partea superioară a cărei grosime este de 2,00 pînă la 5,00 m.* De la această adîncime pînă la baza iazului, sterilul se prezintă într-o stare mai îndesată și cu umiditate foarte crescută spre față.

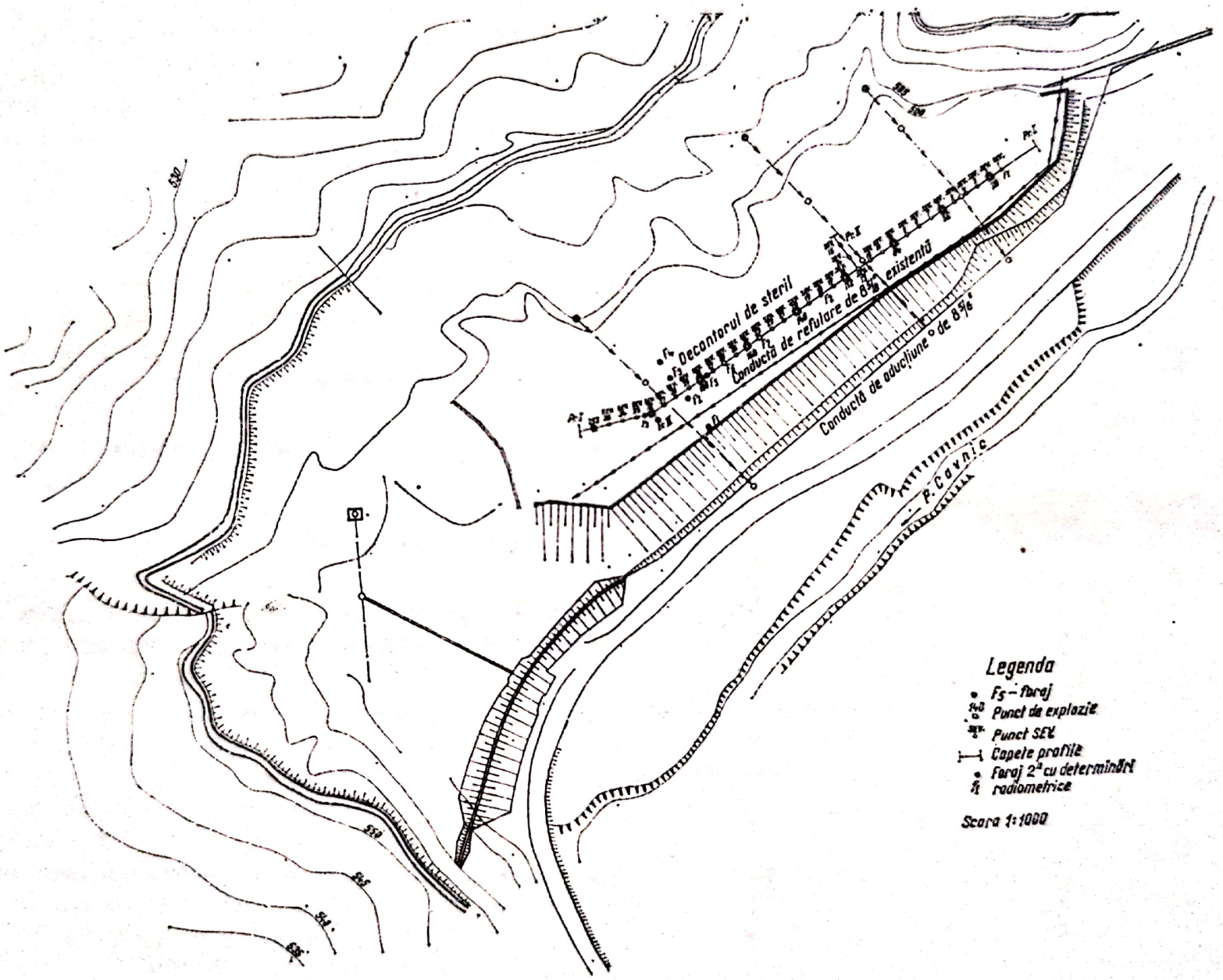
2) *Patul depozitelor de steril se reflectă atît în secțiunile seismice, cît și în cele geoelectrice.*

3) *Atît cercetările seismice, cît și cele electrometrice nu-și găsesc un domeniu de aplicare practică la cercetarea depozitelor de steril deoarece cu ajutorul lor nu se pot face secțiuni prin depozit cu delimitări structurale precise, întrucît depozitul nu este alcătuit din pachete stratigrafice cu caractere litologice bine diferențiate*; se știe că depozitul prezintă o variație granulometrică de la periferie spre centru, iar gradul de umiditate variază de la uscat (la periferie), la umed și saturat spre interiorul iazului.

Studiul geofizic Capnic a constat din cercetări seismice și electrometrice de suprafață, pe profile dispuse în modul indicat în planșa X.1.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner



Planșa X. 1. Schița de amplasare a profilurilor geofizice-Capnic (I.P.S. — 1964).

1. Cercetări seismice cu metoda refracției

Cercetările seismice s-au efectuat cu metoda refracției și au constat din înregistrări pe dispozitive scurte cu puncte reciproce de producere a oscilațiilor elastice.

Metoda seismică utilizată se bazează pe studierea condițiilor de propagare a undelor elastice în masa terenului. În acest mod se determină la suprafața terenului viteza de propagare a undelor elastice longitudinale în urma înregistrării timpului parcurs de unda elastică de la locul producerii ei pînă la punctele de observație.

Ținînd seama de ordinul mic de mărime al vitezelor de propagare a undelor elastice în sterilul iazului și de precizia maximă de determinare a timpului de sosire a undei la geofoni ($\pm$0,001 s) s-a utilizat o distanță constantă între geofoni de 2,00 m, verificată cu rezultate bune în cadrul lucrărilor experimentale de teren.

Folosind toate cele 26 canale de înregistrare ale stației seismice SS — 26 — 51D, lungimea dispozitivului de înregistrare a fost de 28,00 m.

Pentru generarea undelor elastice s-au utilizat numai șocurile mecanice deoarece dau rezultate mult mai bune în astfel de situații. Înregistrarea oscilațiilor s-a făcut cu geofoni dispuși atît vertical, cît și orizontal, iar șocurile mecanice au fost aplicate pe direcții diferite.

În urma folosirii acestui procedeu s-a obținut un material de calitate superioară, fapt care a permis o separare mai clară a undelor utile (directe și de refracție) de cele perturbate.

Prelucrarea materialului obținut din înregistrările seismice a condus la determinarea vitezelor aparente de propagare a undelor elastice în sterilul iazului, precum și la determinarea adîncimii la care apare limita de discontinuitate a vitezelor de propagare notată în secțiunea *I* cu O.S. (planșa X.2).

Din graficul prezentat se remarcă existența a două zone distincte:

1) *Zona superioară*, caracterizată în tot cuprinsul și printr-o viteză de propagare a undelor elastice longitudinale care variază între 140,00 și 200,00 m/s ; grosimea acesteia variază între 2,00 și 3,50 m și corespunde depozitelor mai afînate de steril a căror umiditate este scăzută.

2) *Zona inferioară*, cu valori ale vitezelor aparente cuprinse între 220,00 și 380,00 m/s, corespunde depozitelor de steril îndesat care se explică prin aceea că în interiorul acestei zone există porțiuni cu o umiditate mare (300,00—380,00 m/s) care se observă cu precădere între punctele 0 și 380.

Scanned with OKEN Scanner

2. Cercetări electrometrice

Paralel cu cercetările seismice s-au efectuat cercetări electrometrice cu metoda sondajului electric vertical (SEV) pe două profile, din care cel longitudinal se suprapune cu profilul seismic.

La efectuarea sondajelor electrice verticale s-au utilizat dispozitive simetrice cu AB cuprins între 3,00 și 150,00 m, care corespunde unor adîncimi de investigație cuprinse între 0,75 și 37,00 m (în ipoteza $H = AB/4$).

Metoda SEV constă în studierea distribuției rezistivității electrice în masa terenului la trecerea prin el a unui curent electric. În cazul în care terenul studiat este omogen și izotrop rezistivitatea electrică a acestuia este aceeași pentru întreaga sa masă. Neomogenitățile atît în ceea ce privește constituția litologică și petrografică, cît și porozitatea și gradul de îmbibare cu fluid conduc la variații ale valorii rezistivității față de valoarea normală.

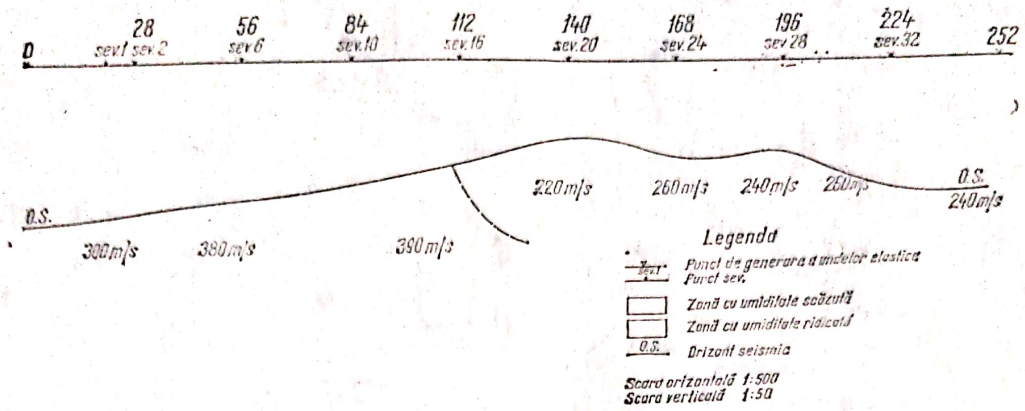
Pentru cazul studiat se poate considera că sterilul depozitat în iaz nu prezintă neomogenități marcate în ceea ce privește constituția litologică și petrografică întrucît el are în general aceeași proveniență. Se presupune că variațiile de porozitate care ar putea exista în cuprinsul acestui material sînt prea mici pentru a putea influența în mod vizibil rezistivitatea electrică a terenului.

Gradul de îmbibare cu fluid, respectiv umiditatea sterilului, constituie factorul cel mai important care poate produce în cazul studiat variația preponderentă în valoarea rezistivității electrice, respectiv scăderea valorilor odată cu creșterea umidității. De asemenea un grad mai crescut de mineralizare a sterilului poate conduce la creșterea rezistivității electrice. În cazul iazurilor de decantare s-au observat pe alocuri mineralizări mai crescute ale sterilului care se pot datori atît procesului de flotare, cît și concentrării mineralelor respective în zonele de drenare a apei provenită din sterilul supus spre decantare.

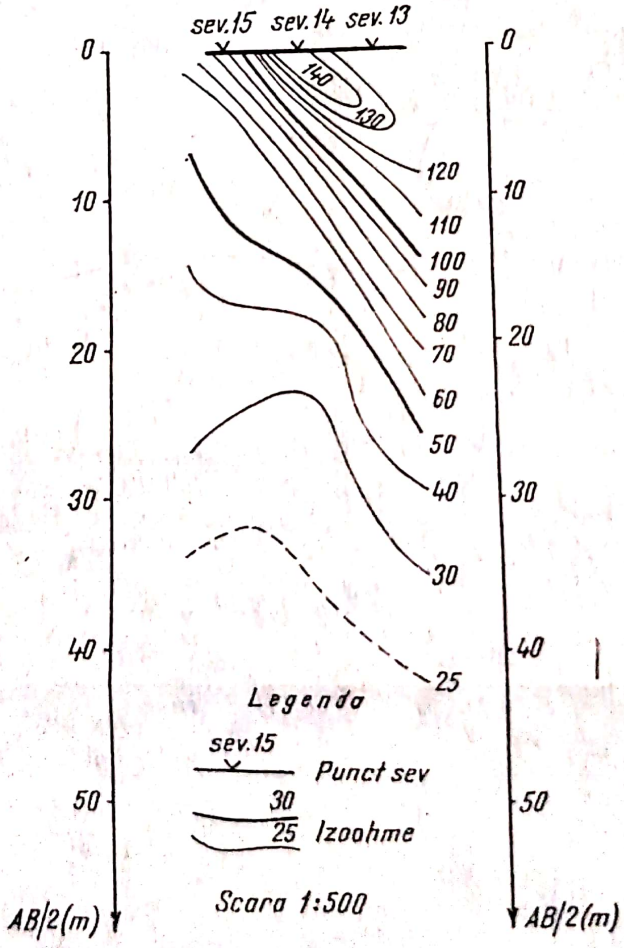
Secțiunile geoelectrice întocmite pentru cele două profile studiate (planșele X.3 și X.4) arată o descreștere continuă a valorilor rezistivității aparente de la suprafață spre baza decantorului (începînd de la 220 ohm pînă la 10 ohm) descreșterea fiind legată de umiditatea sterilului în spre baza iazului, cît și de prezența stratului de bază (care este argilos), începînd de la $AB/2 = 30{,}00$ m.

În aceleași secțiuni se remarcă o aliură sinuoasă a izohmelor care indică o alternanță de valori minime încadrate de valori maxime de rezistivitate. Axul valorilor de minimum poate corespunde atît unor linii de minimă rezistență (provocate de existența unei umidități mai crescute pe această direcție), cît și de o mineralizare mai

Scanned with OKEN Scanner

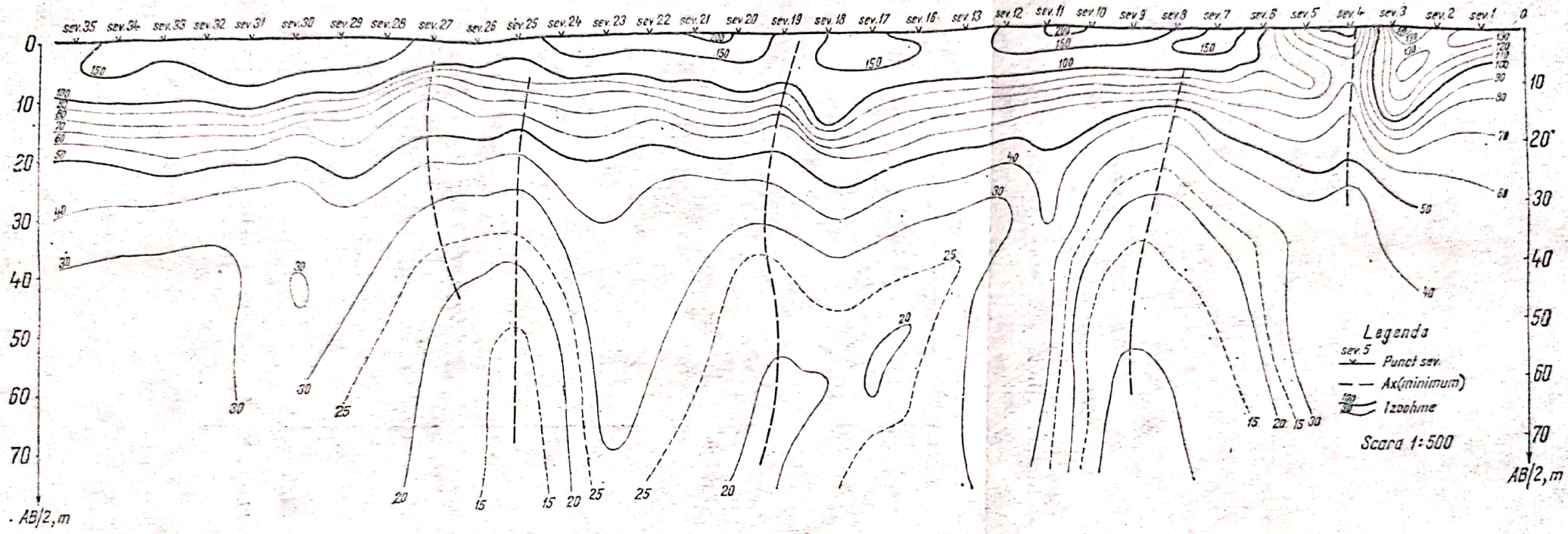


Planşa X. 2. Secţiune seismică — Capnic (I.P.S.—1964).



Planşa X. 4. Secţiune geoelectrică transversală — Capnic (I.P.S.—1964).

Scanned with OKEN Scanner



Planşa X. 3. Secţiune geoelectrică longitudinală-Capnic (I.P.S.—1964).

crescută a sterilului datorită procesului de flotare sau concentrării mineralelor respective în zonele de drenare a apei provenită din sterilul supus spre decantare.

Stratul argilos din bază peste care este situat decantorul se reflectă în secţiunile geoelectrice printr-o descreştere mai lentă a rezistivităţilor aparente, începînd de la $AB/2 = 30{,}00$ m. Minimele de rezistivitate sesizate în cuprinsul sterilului prezintă continuitate şi în stratul de bază ceea ce denotă o umiditate crescută şi în acest strat.

Rezultatele cercetărilor seismice şi electrometrice conduc la următoarele concluzii:

1) *Pe profilele studiate seismic şi electrometric se separă în cuprinsul iazului de decantare un strat mai uscat şi afînat de steril situat la partea superioară a cărui grosime este cuprinsă între 2,00 şi 3,50 m.* Grosimea maximă se remarcă către capetele profilului în punctele *0* şi *252*. Acest strat se caracterizează printr-o variaţie de rezistivitate aparentă cuprinsă între 220 şi 50 ohm. Scăderea valorilor de rezistivitate este legată în special de creşterea umidităţii în spre baza lui.

2) *Creşterea bruscă a umidităţii are loc în limita separată seismic la nivelul de 2,00—3,50 m.* De la această adîncime şi pînă la baza iazului de decantare sterilul se prezintă sub o stare mai îndesată În interiorul acestuia umiditatea este foarte crescută.

3). *Din punct de vedere al propagării undelor elastice* stratul respectiv se caracterizează printr-o variaţie a vitezelor de propagare de la 240—380 m/s, valorile mai crescute fiind legate de existenţa unor sectoare cu o umiditate mult mai ridicată (în special în sectoarele cuprinse între punctele 0 şi 112).

Rezistivităţile aparente prezintă în acest strat o creştere continuă a valorilor care indică de asemenea creşterea continuă a umidităţii spre bază.

De-a lungul profilelor studiate electrometric se sesizează existenţa pe verticală în masa sterilului a unor linii de minimă rezistenţă legată de prezenţa în cantităţi mai mari a apei care se pare că a fost drenată spre baza iazului de-a lungul acestora.

4) *Din punctele în care adîncimea de investigaţie a depăşit grosimea iazului (respectiv pentru dispozitivele $AB/2 > 30$ m) se pune în evidenţă o descreştere mai lentă a rezistivităţilor aparente,* legată de caracteristicile electrice ale terenului de bază a cărui umiditate variază în limite mult mai mici, însă pe aproximativ aceleaşi direcţii sesizate în masa sterilului.

Scanned with OKEN Scanner

* * *

Rezultatele studiului geofizic arată că înălțimea digurilor la iazul exploatării miniere Capnic în condițiile actuale de decantare și drenare a apelor nu poate asigura stabilitatea lor pe timp îndelungat.

În vederea asigurării stabilității acestor diguri și pentru îndepărtarea umidității excesive din baza iazului se pot recomanda următoarele măsuri la construcția viitoarelor iazuri:

1) *Executarea unui pat filtrant la baza iazului*
2) *Executarea bazei digurilor de amorsare dintr-un material permeabil care să permită evacuarea apei provenită din infiltrații (atît din procesul de decantare, cît și ulterior din precipitații)*
3) *Executarea de drenuri radial în interiorul iazului pe toată înălțimea lui.* Numărul acestora va fi determinat în funcție de mărimea iazului. În interiorul acestor drenuri pot fi cuprinse și filtrele inverse de evacuarea apei rămasă după decantare

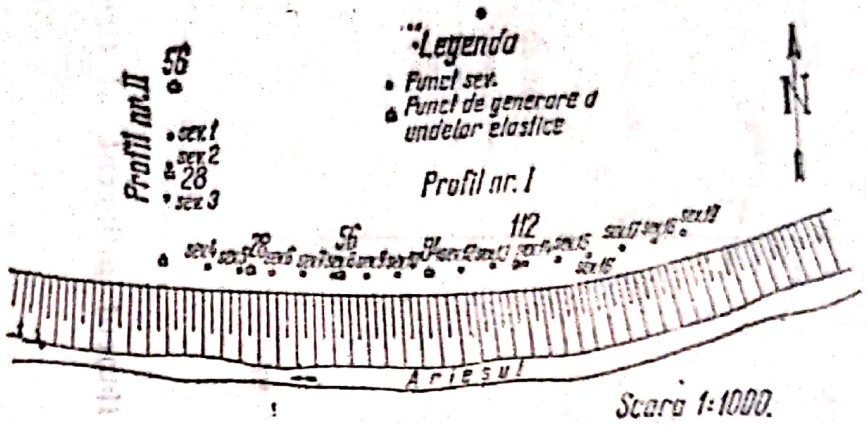
Concluzii similare s-au tras din studiile geofizice privind iazurile Baia de Arieș, Brad și Deva, ale căror măsurători sînt redate în planșele X.5, X.6, X.7, X.8, X.9, X.10, X.11, X.12, X.13 și X.14.

3. Cercetări geofizice (electrometrice) efectuate pe iazul de decantare Deva și Brad de către I.P.G.G. în anul 1972. Pe iazul Deva s-au efectuat 39 sondaje electrice verticale — SEV — trasînd limite geoelectrice și construirea secțiunilor verticale ale rezistivității aparente (planșele X.15 și X.16).

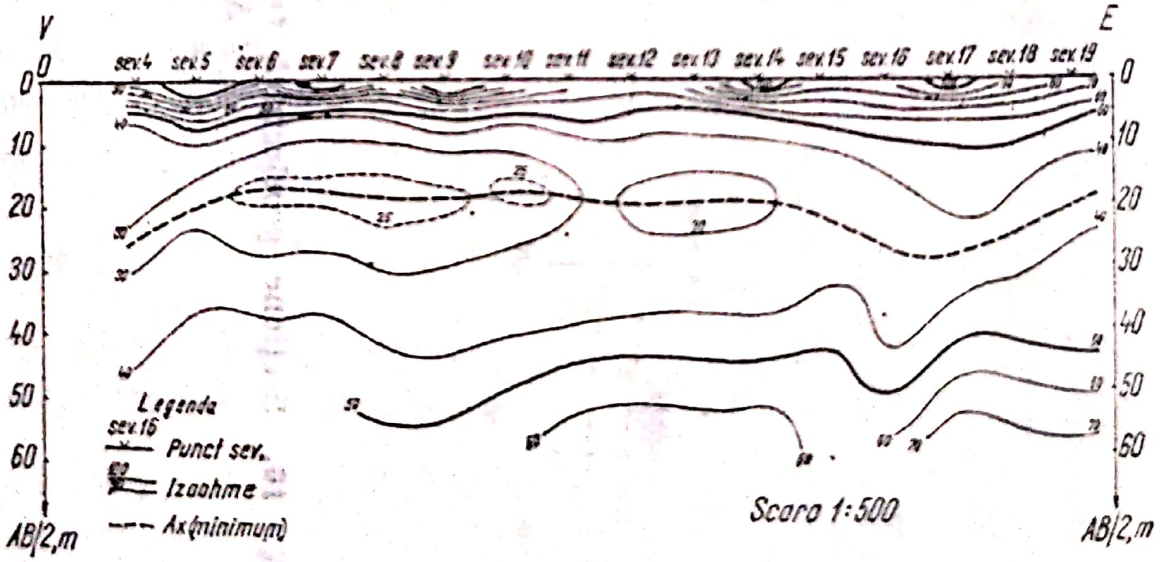
Izoohmele secțiunilor verticale de rezistivitate aparentă dau indicații calitative privind variația în plan vertical a rezistivității reale și cu privire la structura generală a iazului, dar nu pot preciza adîncimea eventualelor limite care separă zone cu valori diferite de rezistivitate (deci nu poate servi ca metodă independentă de investigație).

Dar interpretarea cantitativă a SEV conduce la construirea secțiunilor geoelectrice — făcînd astfel posibilă și indicarea grosimii și rezistivităților diferitelor zone. Analiza secțiunilor verticale de rezistivitate aparentă și a celor geoelectrice scot în evidență prezența unor zone de grosime variabilă care pot fi diferențiate din punct de vedere al rezistivității.

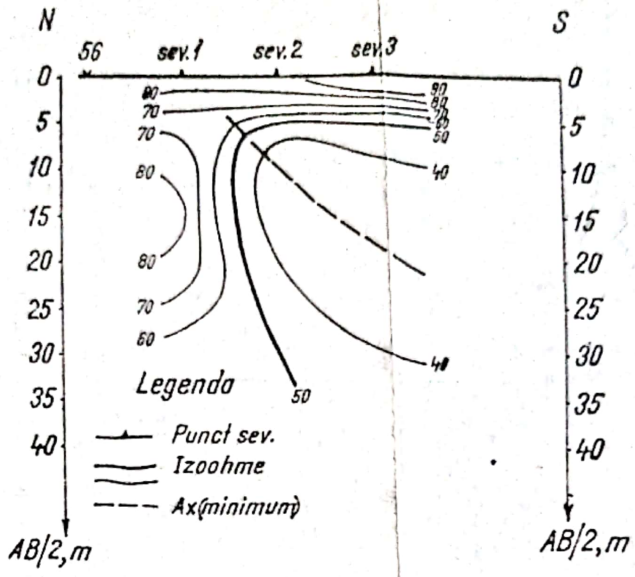
Scanned with OKEN Scanner



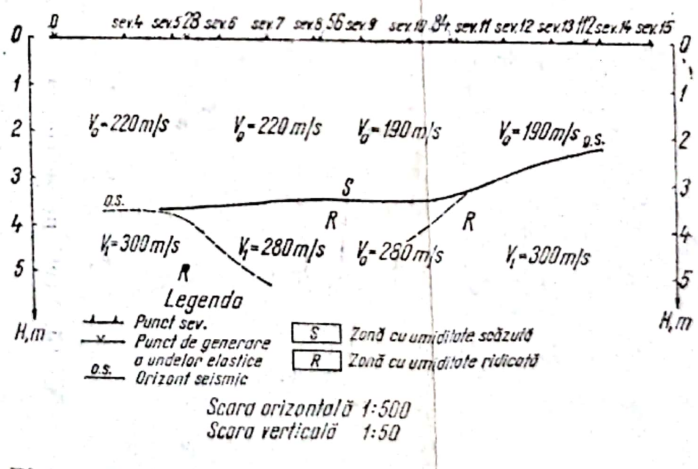
Planşa X. 5. Schiţa de amplasament a profilurilor geofizice în iazul de 500 t/zi — Baia de Arieş (I.P.S.—1964).



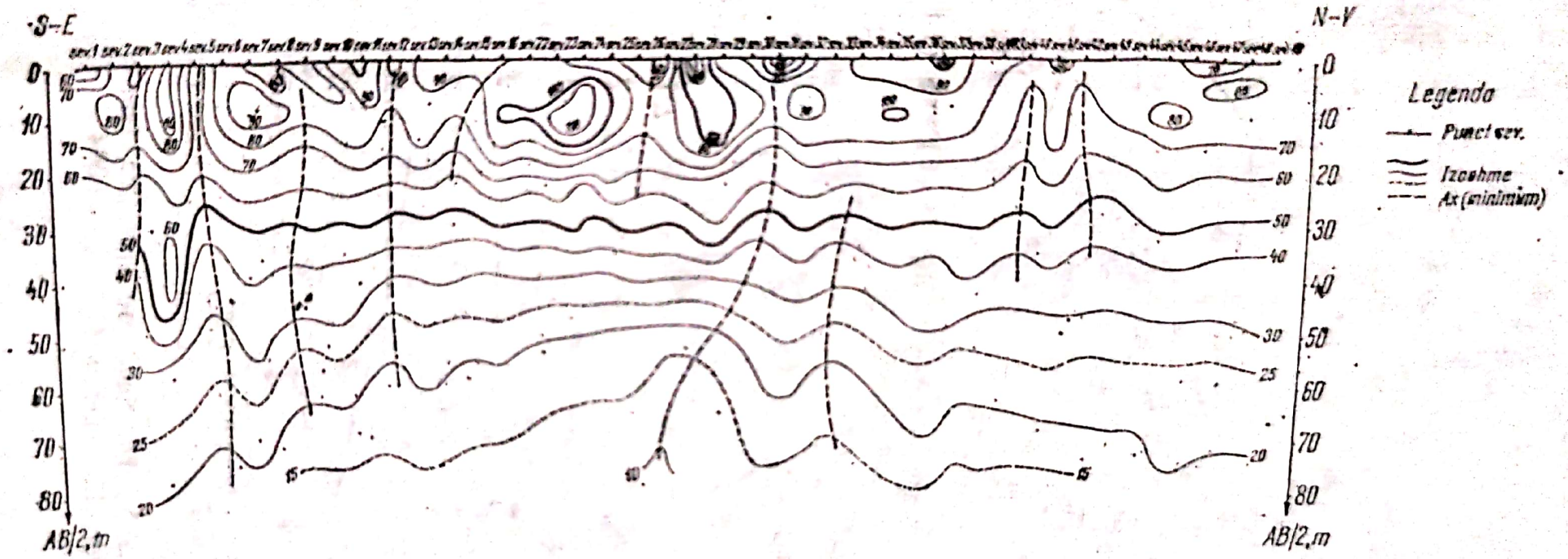
Planşa X. 6. Secţiune geoelectrică longitudinală — Baia de Arieş (I.P.S. — 1964).



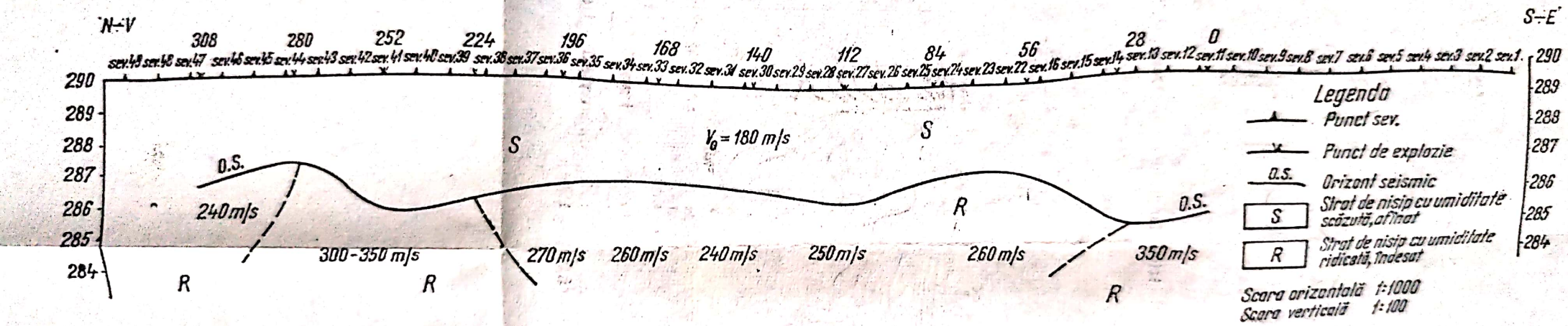
Planşa X. 7. Secţiunea geoelectrică transversală — Baia de Arieş (I.P.S. — 1964).



Planşa X. 8. Secţiune seismică longitudinală — Baia de Arieş (I.P.S. — 1964).

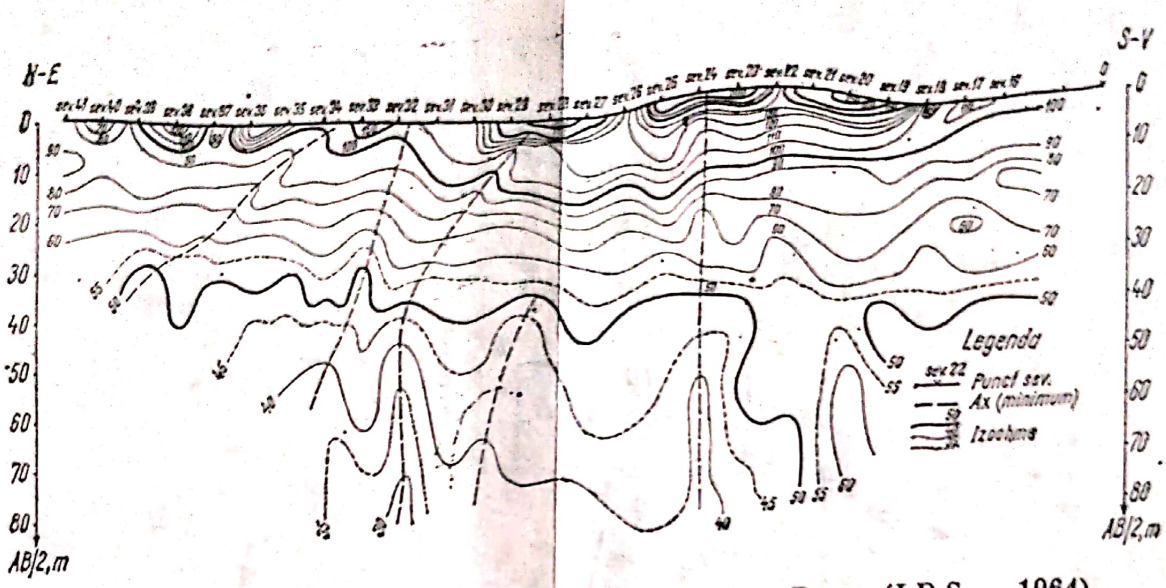


Planşa X. 9. Secţiune geoelectrică în zona frontală — Brad (I)

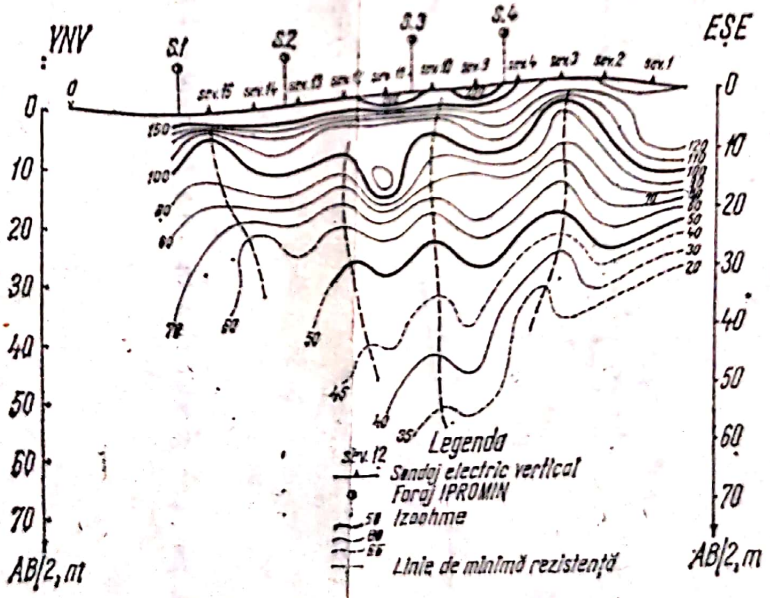


Planşa X. 10. Secţiune geoelectrică în zona frontală — Brad (I.P.S. 1964).

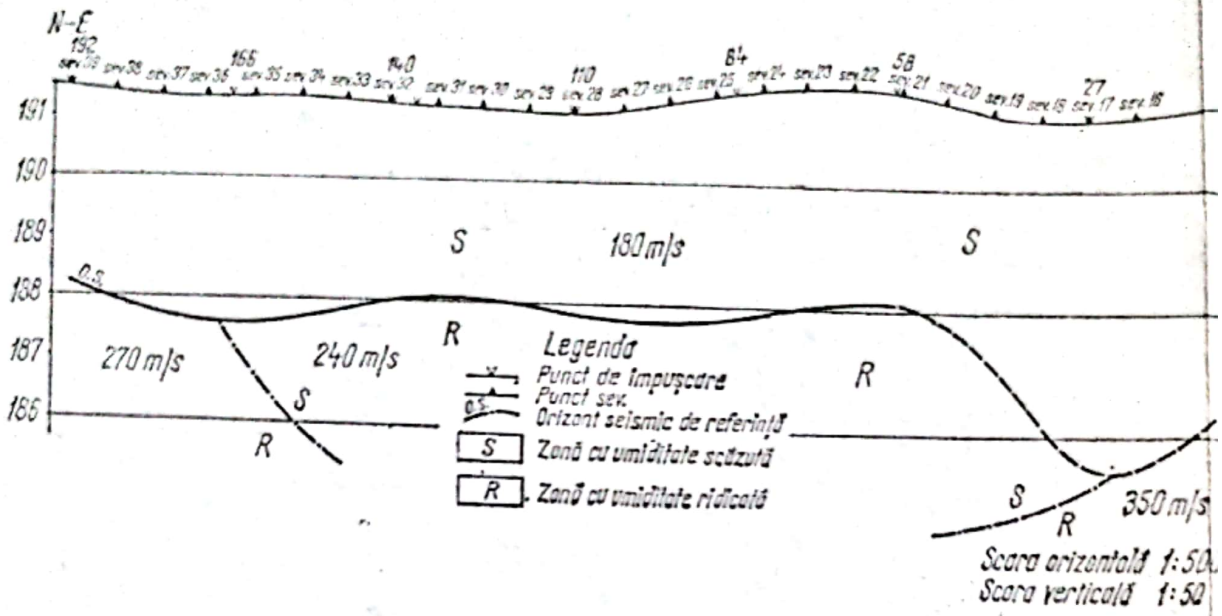
Scanned with OKEN Scanner



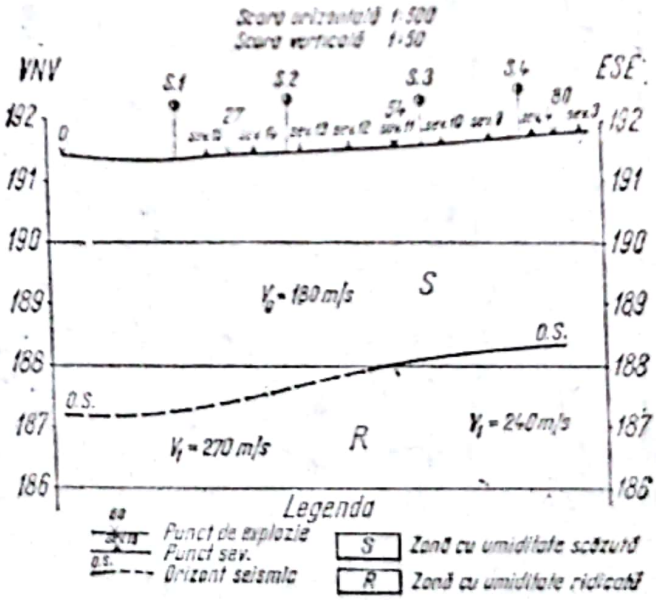
Planşa X. 11. Secţiune geoelectrică longitudinală — Deva (I.P.S. — 1964).



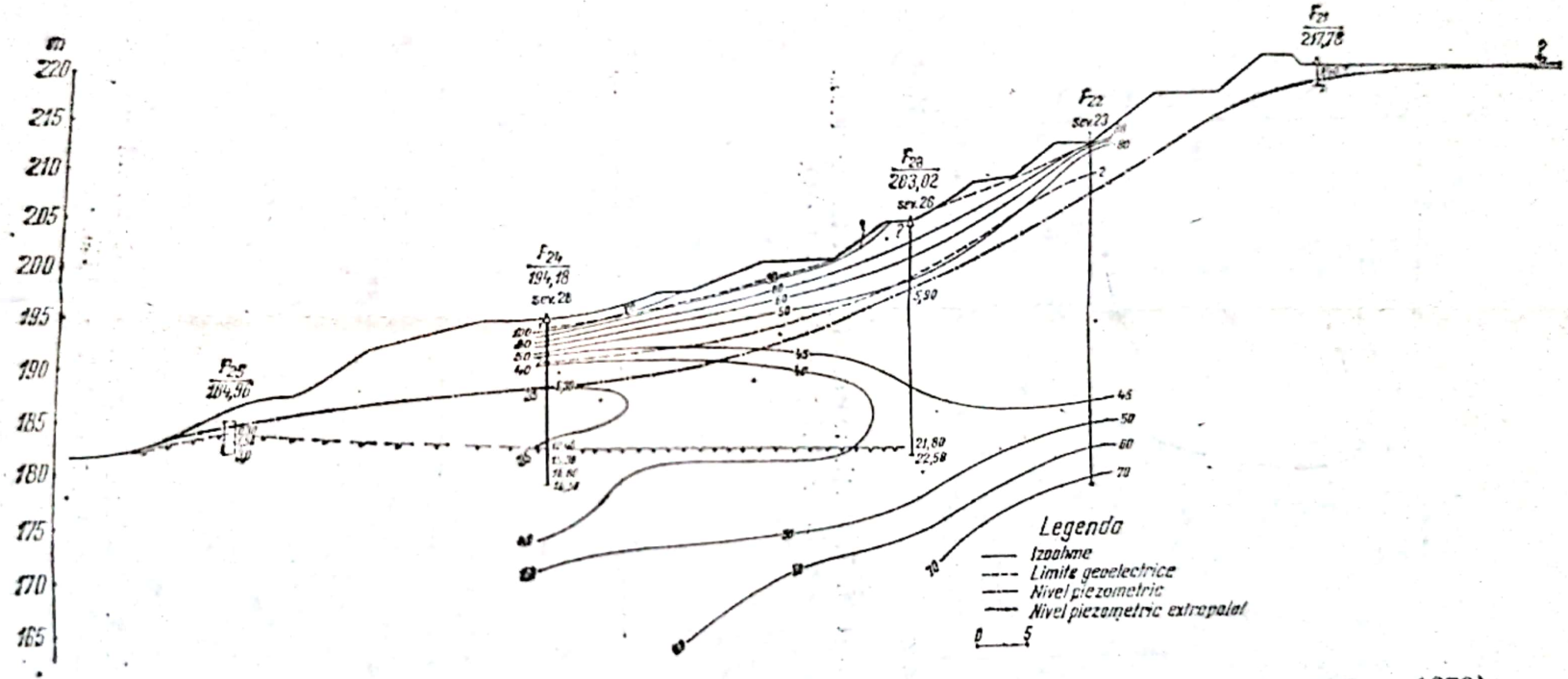
Planşa X$_2$ 12. Secţiune geoelectrică transversală — Deva (I.P.S. — 1964).



Planşa X. 13. Secţiune seismică longitudinală — Deva (I.P.S. — 19

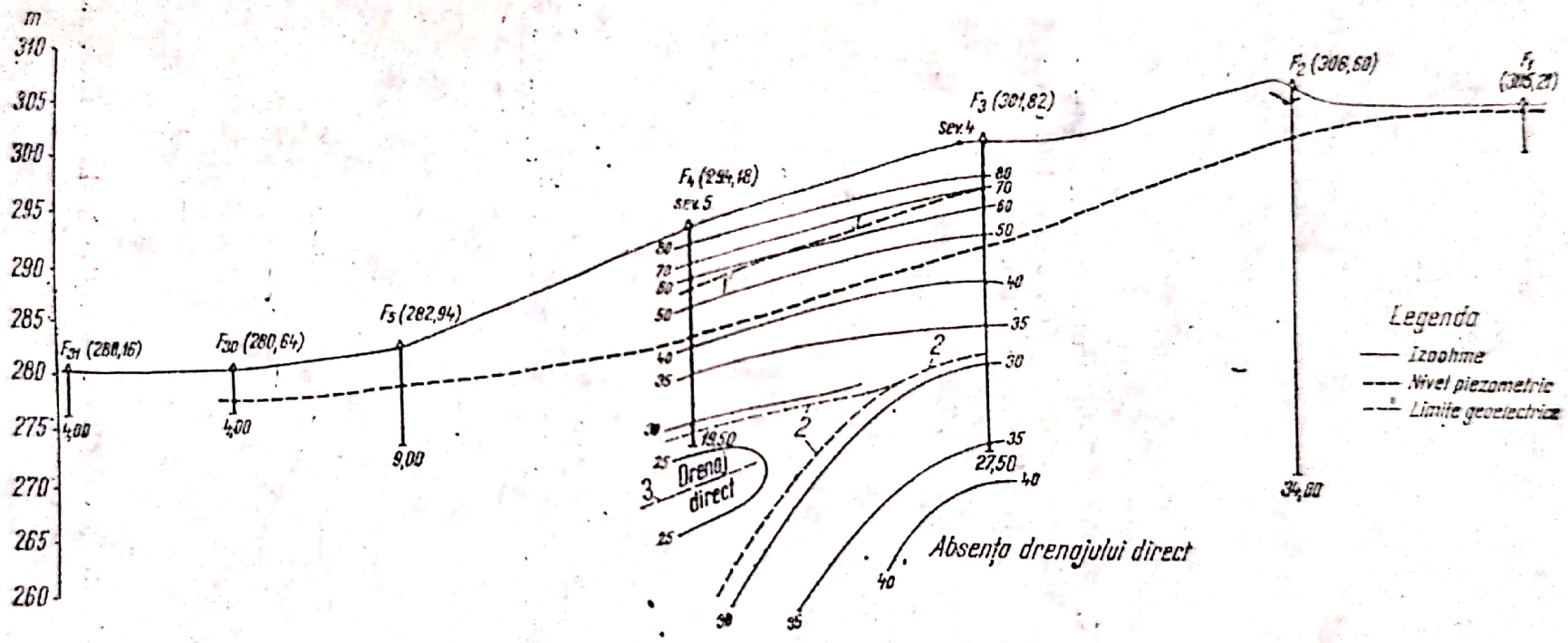


Planşa X. 14. Secţiune seismică transversală — Deva (I.P.S. — 1964).



Planşa X. 15. Secţiune geoelectrică transvesală prin flancul sudic al iazului Deva (I.P.G.G. — 1972).

Scanned with OKEN Scanner



Planşa X. 16. Secţiune geoelectrică transversală prin iazul Rovina, flancul adiacent al Crişului Alb (I.P.G.G. — 1972).

Partea superioară a taluzelor de 0,50—2,00 m, avînd un conţinut redus de fluid, este o zonă relativ rezistivă.

Sub această zonă cu umiditate atmosferică urmează o zonă de 3,00 — 5,00 m cu apă capilară care umple parţial porii materialului; partea superioară a acestei zone ar putea constitui limita maximă de ridicare ascensională a apei capilare.

Variaţiile de grosime ale zonei parţial saturate cu fluide sugerează variaţiile zonelor cu material pelitic.

Urmează apoi o zonă probabil saturată cu fluide în care se manifestă prezenţa apei capilare şi a celei gravitaţionale cu rezistivitate foarte scăzută de circa 40 ohm (zonă de minimă rezistivitate). Electrometric nu se poate delimita zona cu saturaţie capilară de cea cu saturaţie gravitaţională. *Deci nivelul piezometric nu se poate determina prin electrometrie. Cu destul de bună aproximaţie se poate obţine limita superioară a zonei de saturaţie capilară, limită care nu poate fi indicată cu determinările din foraje; această limită este deasupra nivelului hidrostatic şi grosimea distanţei depinde de procentajul materialului pelitic.*

Urmează fundamentul iazului unde SEV indică porozităţi şi permeabilităţi marcante.

În secţiunea transversală *I*, zona de minimă rezistivitate corespunzătoare probabil saturaţiei capilare are o grosime foarte mare în interior şi se subţiază pe flancuri, ceea ce concordă cu măsurătorile din foraje. Se remarcă valori foarte mici de rezistivitate aparentă — 35 ohm, datorită probabil excesului de fluid şi material pelitic — *cu rezistenţă mecanică minimă.*

Dimensiunea zonei de minimă rezistivitate dintre limita 2 şi baza iazului este variabilă în partea inferioară a stratului, ceea ce poate conduce la o *delimitare a zonelor de minimă stabilitate a iazului.*

Concluzii

Cele 3 zone diferenţiate din punct de vedere al valorilor de rezistivitate sînt şi zone cu caractere hidrogeologice net diferite:

Zona de rezistivitate maximă în partea superioară, parţial uscată, cu umiditate atmosferică
Zona de rezistivitate medie — circa 50 ohm (între *1* şi *2*)— pori capilari; limita *1* este un parametru important
Zona de saturaţie capilară — limita *2* — poate fi determinată numai electrometric şi indică procentajul pelitic.

Scanned with OKEN Scanner

Variaţiile în grosime ale zonei de minimă rezistivitate (zona saturată) constituie elementul principal în aprecierea stabilităţii iazului. Neomogenitatea laterală a materialului este sugerată de aspectul izoohmelor. Variaţiile umidităţii şi % pelitic din această zonă sînt marcate de modificările rezistivităţii aparente. Valoarea ei minimă la baza taluzului indică o zonă de maximă umiditate.

Măsurătorile electrometrice nu pot preciza poziţia nivelului hidrostatic deoarece zona de saturaţie capilară nu se diferenţiază, din punct de vedere al rezistivităţii de cea gravitaţională. Viteza şi direcţia de curgere a fluidelor nu au fost determinate.

Rezultatele măsurătorilor făcute în depozitul de steril de la Brad sînt reprezentate în secţiunea transversală XI (v. planşele *X*.15 şi X.16), *iar concluziile sînt aceleaşi ca pentru depozitul de steril Deva* (v. cap. XI. Iazul Rovina—Brad).

F. CERCETĂRI MICROBIOLOGICE

În colaborare cu Institutul de Cercetări Hidrologice Bucureşti s-au iniţiat cercetări la scară de laborator, cu scopul de a identifica prezenţa în apele de mină şi de la prepararea minereurilor a bacteriilor reducătoare de sulf, precum şi a bacteriilor fierului, care precipită importante cantităţi de hidroxid de fier, colmatînd interstiţiile sedimentului, mărind prin aceasta impermeabilitatea digului din steril.

Acest proces de colmatare a nisipurilor producătoare de ţiţei, ce are loc în cursul operaţiei de injectare de apă în zăcămînt pentru recuperarea secundară a ţiţeiului, este rezultatul acţiunii bacteriilor reducătoare de sulf care creează colonii şi blochează interstiţiile stratului de nisip (fig. X.9.a precum şi a reacţiei hidrogenului sulfurat care produce sulfură de fier şi cimentează mediul poros (fig. X. 9.b) [107].

Din apele acide de mină de la Baia Sprie s-au izolat două specii bacteriene: Thiobacillus Thiooxidans şi Thiobacillus Ferrooxidans, pentru care se dau în continuare rezultatele. S-a determinat rolul catalizator al acestor bacterii în procesele de oxidare biologică a fierului, sulfului şi calcopiritei.

1. Thiobacillus ferrooxidans

Thiobacillus ferrooxidans are rol catalizator în oxidarea biologică a fierului. Astfel, acesta oxidează fierul fieros în fier feric; în a 5-a zi a atins 3 181 mg Fe^{2+}/l (5 000 ml mediu de cultură şi 50g calcopirită).

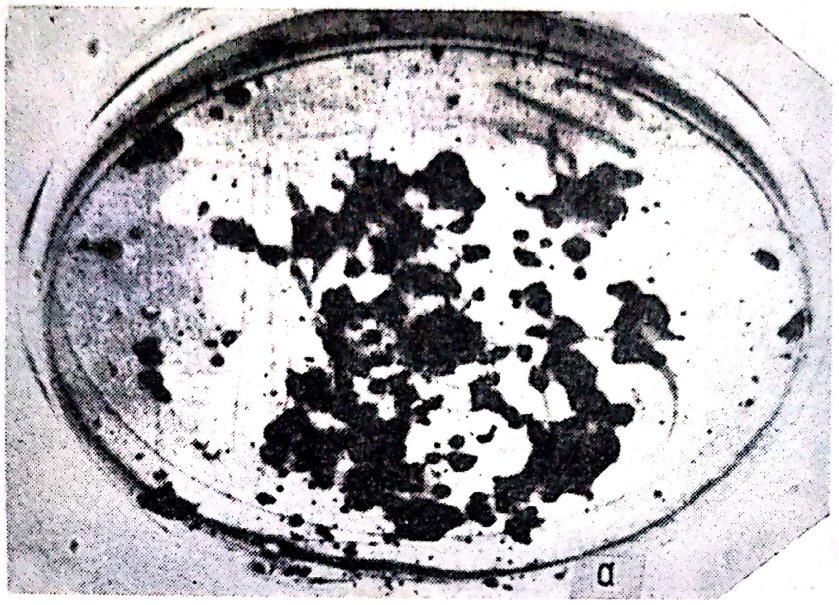


Fig. X.9. Acţiunea bacteriilor sulfului şi fierului:
a — colonii (bulgări) care rezultă din acţiunea bacteriilor reducătoare de sulf;
b — sulfură de fier rezultată din reacţia hidrogenului sulfurat (mărime naturală)

Scanned with OKEN Scanner

Fig. X.10.a

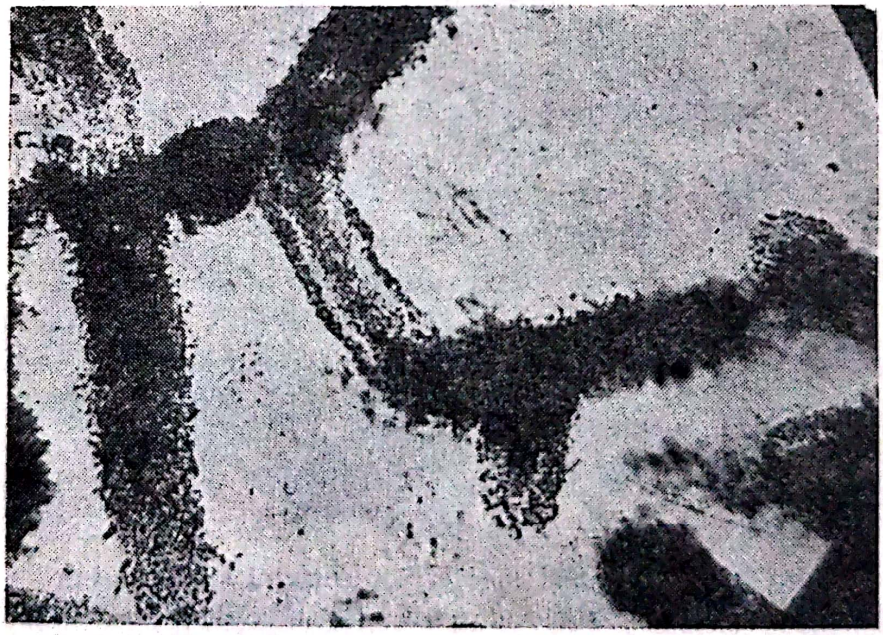


Fig. X.10.b

Scanned with OKEN Scanner

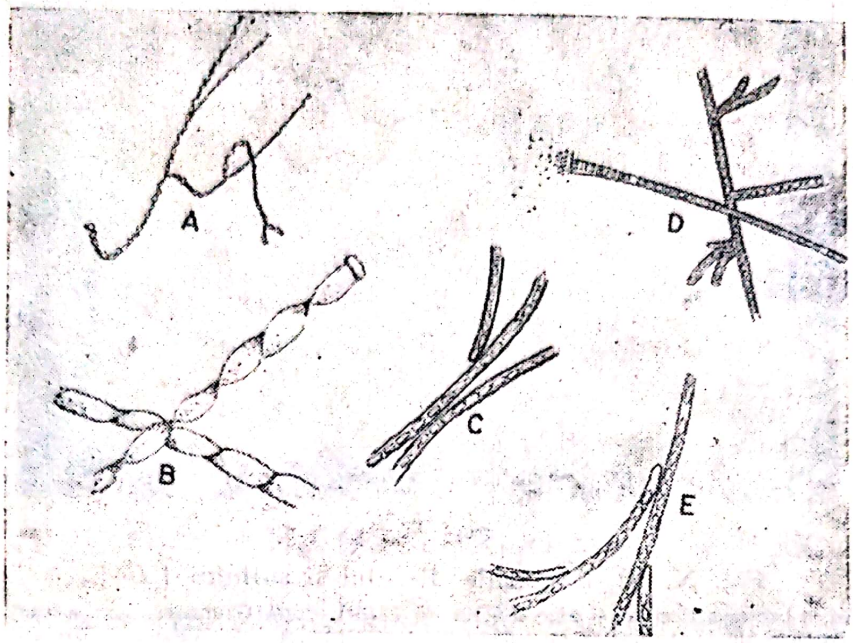
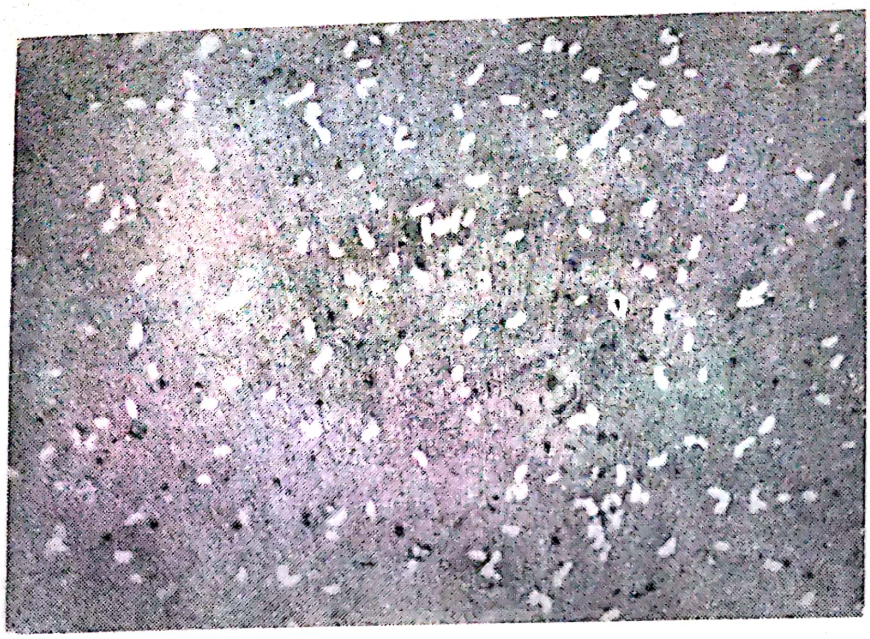


Fig. X.10.c

Fig. X.10.d

Scanned with OKEN Scanner



e

Fig. X. 10. Bacteriile fierului și sulfului [104]:

a – bacteria fierului și alge mărită de 77 ori (după Grunner); *b* – aceeași bacterie de la *a*, mărită de 1 540 ori (după Grunner); *c* – desene de bacterii ale fierului (după Swinner: *A* – gallionella ferruginea, mărită de 500 ori; *B* – gallionella ferruginea mărită de 2 500 ori; *C* – clonothrix ferruginea mărită de 1 000 ori; *D* – crenothrix polyspora mărită de 400 ori; *E* – sphaerothilus dichotoma mărită de 600 ori); *d* – desulfovibrio desulfurican (după Starkey) varietatea spirală, mărită de 2 250 ori; *e* – desulforibrio – celule mici curbate (după Starkey mărită de 2 250 ori.

Măsurarea s-a făcut prin titrarea cu permanganat de potasiu $m/10$.

Oxidarea sulfului în sulfaţi a fost pusă în evidenţă prin determinarea gravimetrică a acestora.

Dozările de cupru solubil s-au făcut prin metoda polarografică la concentraţii mici şi prin determinarea electrolitică la concentraţii mai mari de 50 mg/l.

2. Thiobacillus Thiooxidans

Acesta oxidează sulful elementar sau legat chimic în ionul SO_4^{2-}; în 30 zile 15 950 mg SO_4^{2-}/l pH = 0,5 (pH martor = 4,0).

Aciditatea mev/l = 320 (martor *23*).

În timp de 120 zile, într-o instalaţie inoculată cu culturi bacteriene s-au extras 137,5 mg Cu^{2+}/l (dintr-o calcopirită: fier 16,3%, cupru 2,2%, sulf 12,18%); în final pH a scăzut la 2 faţă de 4 iniţial.

În viitor se vor face investigaţii similare folosind tulbureala de la prepararea minereurilor, spre a cerceta procesele de oxidare biologică din iazurile de decantare.

Scanned with OKEN Scanner

Necesitatea unor astfel de investigaţii este învederată şi de faptul că analiza chimico-mineralogică a materialului din iazul Certej a pus în evidenţă prezenţa gipsului ca produs secundar în proporţii foarte pronunţate, de 5—8% (v. cap. XI — avaria iazului Certej).

Microbiologul E. Beerstecher junior [104] menţionează că în unele iazuri formarea gipsului este presupusă a fi rezultatul precipitării calciului prin sulfaţii produşi de bacteriile care oxidează sulful, ca Thiobacillus.

Aceste bacterii îşi obţin energia din oxidarea sulfurilor prin reacţiile [Van Niel 154]:

$$\begin{cases} H_2S + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O + S \\ \text{sau :} \\ H_2S + H_2CO_3 \rightarrow (CH_2O_2) + S + H_2O \end{cases}$$

Dintre acestea, Thiobacilus Thiooxidans este caracterizat de faptul că se dezvoltă în condiţii optime la un pH $= 4 \ldots 5$ dar supravieţuieşte la un pH foarte redus (0,2—0,6) într-un mediu foarte acid —, datorită energiei pe care o obţine prin oxidarea sulfului, astfel :

$$2S + 2H_2O + 3O_2 \rightarrow 2H_2SO_4 + 283{,}6 \text{ cal [Starkey 155].}$$

Carpenter şi Herndon [156] în cercetările efectuate cu privire la apele acide de mină au semnalat prezenţa unei bacterii ce nu putea fi deosebită de Thiobacillus Thiooxidans şi au tras concluzia că cel puţin o parte din acid este produs de această bacterie. După una sau două săptămîni, pH-ul culturii a scăzut de la peste 6 la 1,5—0,9; de aceea ei au indicat reacţia după care s-a format acidul din pirită şi marcasită (F_2S_2):

$$2FS_2 + 2H_2O + 7O_2 \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

Al doilea aspect al problemei îl constituie formarea precipitatului de fier în emisarii receptori ai apelor de mină ce capătă — după amestec — o culoare ruginie; reacţiile sînt în general de forma:

$$\begin{cases} 4FeSO_4 + 2H_2SO_4 + 2O \rightarrow 2Fe_2(SO_4)_2 + 2H_2O \\ \text{şi} \\ Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4 \end{cases}$$

Scanned with OKEN Scanner

Studiile întreprinse de Temple și Colmer (1951), [157] au identificat o bacterie ce diferă de cele care sînt în general recunoscute ca bacterii ale fierului și au denumit-o Thiobacillus ferooxidans, din cauza asemănării cu specia Thiobacillus. Ei au arătat că procesul de oxidare nu s-a mai produs atunci cînd s-au adăugat agenți bactericizi (fenoli, formaldehide etc.), sau s-a sterilizat apa de mină.

Aceste rezultate sînt de o considerabilă importanță din punct de vedere al ameliorării apelor de mină; ele aruncă totodată și o lumină asupra unor importante procese geologice, arătînd că imense cantități de fier în minerale asociate pot fi convertite în depozite sedimentare în perioade de timp relativ scurte, dacă mediul ambiant oferă condițiile adecvate.

Studiile cu privire la legătura microorganismelor cu biogeochimia fierului au arătat că o varietate de bacterii și alte microorganisme au cauzat alterarea în diferite moduri a depozitelor de fier din scoarța terestră; atît soluțiile cît și precipitarea constituie aspecte importante ale acestei activități.

Grunner a studiat depozitele sedimentare de fier de la Mesabi (Proterozoic) — regiunea Lacului Superior S.U.A. — punînd în evidență bacteria fierului și alge (Grunner; v. fig. X.10 *a*, *b*, *c*), [158].

Bacteriile fierului se dezvoltă în ape cu 0,3 la 9 mg/l oxigen dizolvat și precipită imense mase de hidroxid feric — șlam gelatinos — ce astupă (colmatează) spațiile intergranulare (interstițiile sedimentului) [Allred 159].

Swinnerton [160] a semnalat prezența fierului depus ca o substanță de acoperire pentru cimentarea grăunților de nisip și a ridicat chestiunea semnificației bacteriilor în depunerea cimentului de oxid de fier. În continuare el a sugerat că bacteriile în general pot fi factori importanți în cimentarea nisipului și a pietrișului.

Morison și Sothers [161] au tras concluzia că bacteriile pot fi active în formarea șisturilor tari prin folosirea acidului humic combinat cu fierul ca o sursă de material organic, depunînd fierul ca hidroxid feric.

Bacteria care reduce — precipită — sulfații aparține genului Desulfovibrio-anaerobă (v. fig. X.10, *d*, *e*); își obține oxigenul necesar din procesul metabolic prin precipitarea sulfaților în apă [162]. Pentru fiecare moleculă de sulfat precipitat și fiecare moleculă de hidrogen sulfurat produs, sînt folosite 5 molecule de hidrogen, ceea ce este semnificativ, deoarece bacteriile reducătoare de sulfați pot produce pînă la 3 000 mg/l (ppm) de hidrogen sulfurat [107].

Apele cu conținut normal de oxigen nu permit dezvoltarea bacteriilor desulfovibrio, acestea fiind strict anaerobe, dar totuși fiind antrenate de lichid în sediment, își stabilesc o celulă anaerobă —

Scanned with OKEN Scanner

fără oxigen. Culturile de bacterii aerobice — respectiv masele de șlam — creează microclimatul local care permite cultura speciilor disulfovibrio [Sharpley — 1960; Trautenberg — 1964; 163 și 164].

Rezultatele imediate ale activității bacteriilor sulfului și fierului au fost studiate cu deosebit interes în industria petrolului pentru a combate efectele negative, i.e. coroziunea și dificultățile create la recuperarea secundară a țițeiului — prin astuparea interstițiilor nisipurilor prin care se injectează apa care să împingă țițeiul spre sonda de exploatare.

În cazul depozitelor de steril astuparea interstițiilor sedimentului, prin activitatea bacteriilor sulfului și fierului, constituie — dimpotrivă — un avantaj, sporindu-i impermeabilitatea precum și rezistența la alunecare, datorită proceselor de cimentare, prin substanțele produse de bacterii. Astfel, inoculînd speciile de bacterii adecvate caracteristicilor tulburelii și componenței chimico-mineralogice a sterilului, se pot ameliora parametrii geotehnici ai depozitelor de steril.

De asemenea, se poate reduce aciditatea apelor de mină, prin găsirea metodelor adecvate de combaterea activității bacteriilor care contribuie la producerea sau sporirea acidității acestor ape.

G. CONSTATĂRI ȘI RECOMANDĂRI

Deversarea violentă a tulburelii (cu furtunurile apropiate, iar labele de gîscă suspendate deasupra plajei și grupate pe un front îngust) nu permite rămînerea în loc decît a particulelor cu granulație grosieră, iar particulele cu granulație mai fină (care trebuie să colmateze interstițiile sedimentului cu granulație grosieră) sînt atrenate prin șiroiri spre interiorul iazului unde constituie un sediment plastic care se consolidează anevoie și este susceptibil de refulare sub sarcina litostatică (constatare făcută la iazul de la Dobrești — steril din minereul de bauxită).

Digul de centură astfel obținut — cu interstițiile necolmatate — este permeabil și cînd deversarea se face pe o plajă îngustă, curba de infiltrație intersectează fața liberă a taluzului frontal al digului.

Presiunea litostatică crescîndă a sedimentului neconsolidat învingînd rezistența la scurgere a apei din sistemul de interstiții, declanșează acțiunea forțelor hidrodinamice producîndu-se infiltrații de apă care tinde să se degajeze spre taluzul frontal, apa apare la zi, mustește (se prelinge pe taluz).

Datorită antrenării hidrodinamice a particulelor fără coeziune, digul se degradează, cedînd regresiv în susul taluzului; astfel la

Scanned with OKEN Scanner

iazul de la Băiuţ (steril de minereu complex) se observă o serie de ocniri, iar la Capnic au avut loc dislocări de mase importante de sediment pe jumătatea din amonte a digului de centură.

S-a constatat că acolo unde taluzul digului de centură este acoperit cu brazde de iarbă cu o grosime de 6—8 cm, nu se mai produce fenomenul de afuiere, deoarece particulele fine antrenate de apă sînt reţinute la început în textura rădăcinilor din brazdă şi pe măsură ce ivirea continuă, aportul de particule fine este reţinut în interstiţiile sedimentului din corpul digului pe care — după un timp — îl colmatează şi nu mai mustește. Această constatare este foarte bine pusă în evidenţă la Băiuţ unde, din distanţă în distanţă, taluzul digului a fost acoperit cu brazde în fîşii — aplicate de la coronamentul digului de amorsare şi pînă la înălţimea plăjii (fig. X.11).

De o parte şi de alta a fîşiilor se observă pronunţate degradări ale taluzului — ocniri adînci de 0,70 m, în timp ce fîşia îmbrăzduită nu a suferit nici o degradare.

Aceste fîşii au protejat taluzul şi contra eroziunilor cauzate de tulbureala scăpată de la deversarea pe plajă şi a apelor pluviale; astfel de eroziuni au aspect de caneluri şi sînt destul de frecvente.

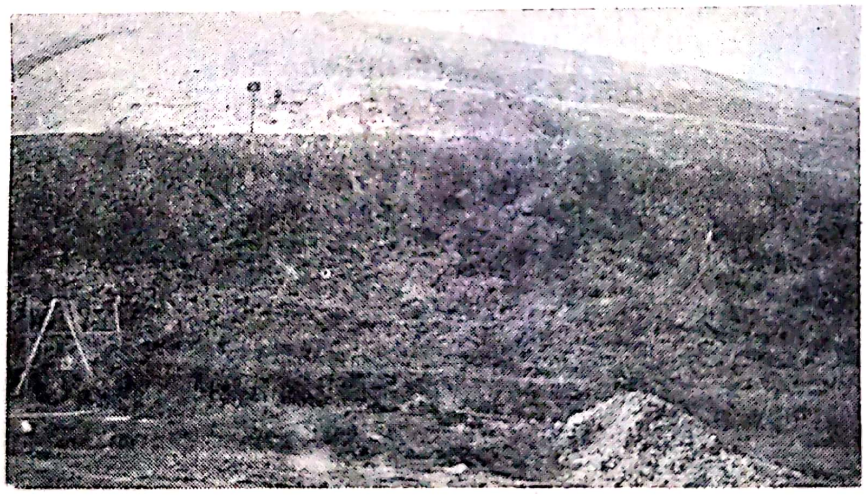


Fig. X.11. Iazul Băiuţ — ansamblu. Unghiul de taluz este prea redus.

Pe jumătatea din aval a iazului de la Capnic (steril de minereu complex), taluzul a fost înierbat în întregime prin acoperirea cu brazde aplicate de-a lungul digului de centură şi aceste brazde de iarbă asigură o protecţie eficace a taluzului, întrucît nu se observă nici o degradare a acestuia.

De asemenea, s-a constatat că la unele din iazuri nu se procedează la deversarea periodică a tulburelii în interiorul iazului.

Scanned with OKEN Scanner

Deoarece sterilul cu granulaţie mare se depune la periferie, iar la centru nu ajunge decît mîl neconsolidat, este necesar ca peste acest mîl să se deverseze periodic steril grosier creînd un sediment lamelar cu alternanţe de granulaţie fină şi grosieră, înlesnind astfel consolidarea. Prin deversarea sterilului grosier în interior, *se consolidează cuveta iazului, creîndu-se nervuri de rezistenţă* (radiale şi diagonale).

Supraînălţarea plajei cu avansarea spre interior după unghiul de taluz, nu este posibilă dacă suportul acesteia este format din mîl fără această alternanţă de granulaţie şi *fără o reţea de nervuri de rezistenţă cu o granulometrie adecvată*. Un suport constituit din sediment neconsolidat pericliteză stabilitatea depozitului de steril. Sedimentul neconsolidat din cuvetă — cu granulaţie foarte fină — este refulat sub presiunea litostatică în direcţiile de minimă rezistenţă provocînd scufundarea plajei sau chiar *străpungerea bordurii iazului*.

Se vor stabili în prealabil caracteristicile geotehnice ale amplasamentului digului iazului.

La proiectare este necesar să se folosească unghiul de frecare al sterilului pentru verificarea gradului de stabilitate al taluzului la o pantă dată a acestuia.

De preferinţă se va determina unghiul de frecare pe proba de steril luată de pe bordura plăjii obţinută în staţia pilot. Pentru calculul stabilităţii taluzului se foloseşte metoda suprafeţelor cilindrice de alunecare (v. reprezentarea grafică a depozitului Paroşeni şi planşele X.1 şi X.2).

Efectul hidrodinamic al curentului de apă.

În cazul în care taluzul este străbătut de un curent de apă, la verificarea stabilităţii lui trebuie să se ţină seama şi de forţa curentului.

Coeficientul de siguranţă se calculează ca în cazul Paroşeni $\eta = M_s/M_r$, cu deosebirea că, în acest caz M_s se calculează pe baza greutăţii penei care alunecă ţinînd seama şi de efectul de subpresiune a apei ; iar M_r se calculează ţinînd seama numai de greutatea prismei ce alunecă [82].

Crearea de curenţi de apă este împiedicată prin compartimentarea cuvetei iazului obţinută prin reţeaua de nervuri radiale şi diagonale din sterilul grosier condus periodic în incinta iazului.

Pentru a asigura consolidarea sedimentului neconsolidat acumulat în cuveta iazului este necesar să se prevadă elemente pentru drenarea apei ; drenuri de-a lungul conductei de evacuarea apei limpezite şi drenuri (construite după regula filtrului invers) la baza digului de amorsare (ca la Baia de Fier).

În cazul în care necesităţile de prepararea minereului impun o măcinare foarte fină, pentru consolidarea sedimentului cu granulaţia foarte fină, trebuie asigurată drenarea apei de la diferite niveluri ale

Scanned with OKEN Scanner

depozitului de steril ; în acest scop pe lîngă drenurile de pe patul iazului și de sub digul de amorsare se prevăd drenuri verticale de tip amovibil [1].

Iazul Băiuț. Digul de centură are un taluz de circa 20% și nu este protejat cu brazde de iarbă. Unghiul de frecare interioară al acestor sterile este peste 30° ceea ce permite menținerea unui taluz de 28° fără să afecteze stabilitatea digului. Exploatarea iazului cu taluz sub 28° reduce capacitatea de înmagazinare a iazului și îngustează plaja de aluvionare, aducînd curba de infiltrare în afara taluzului digului (v. fig. X.11).

Prin reducerea unghiului de taluz se avansează mult bordura digului spre incinta iazului peste un sediment insuficient consolidat spre a constitui un suport compact pentru supraînălțarea digului.

Creșterea sarcinii litostatice va cauza refularea materialului neconsolidat aflat sub plaja de aluvionare și se vor produce rupturi în bordura digului.

Se recomandă menținerea unui taluz cu 2—3° sub unghiul de frecare interioară a sterilului și o plajă de aluvionare, cît mai lată, precum și protejarea taluzului cu brazde din iarbă.

Deversarea tulburelii se face în cascadă — cu labele de gîscă suspendate la 30—40 cm înălțime, grupate pe un front foarte îngust (fig. X.12) sau în snop cu dispozitivul cap de hidră (fig. X.13) folosit la iazul de la Flotația centrală — Baia Mare.

Fig.X.12. Deversarea tulburelii cu labe de gîscă suspendate (iazul Băiuț).

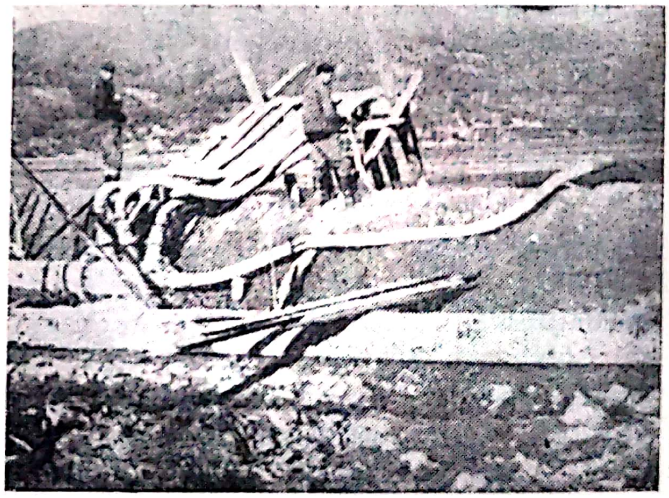


Fig. X. 13. Deversor cap de hidră. Deversarea tulburării se face în snop (iazul flotației centrale Baia Mare).

[1] Masca de argilă pe taluzul interior protejează digul contra străpungerii cauzate de presiunea hidrostatică pînă la crearea unei căptușeli de protecție din steril în faza incipentă a iazului ; la iazul de la Dobrești, lipsa măștii de argilă a prilejuit infiltrații pe porțiunea din aval unde se observă începuturi de alunecări. De asemenea, la primul iaz de la Capnic (de lîngă flotație), digul s-a rupt din lipsa măștii de argilă.

Scanned with OKEN Scanner

Această deversare este contraindicată deoarece : violența deversării nu permite formarea de solzi (stratificație încrucișată), ci produce șiroiri care erodează plaja și antrenează particulele fine care trebuie să colmateze interstițiile grăunților grosieri care sînt depuși la periferie.

Digul de centură astfel obținut are o textură eterogenă și permeabilă.

În fig. X.13 este arătat deversorul cap de hidră cu furtunurile înmănunchiate ; această deversare în snop este contraindicată, pentru considerentele menționate mai înainte.

H. COMPARAȚIE CU ALTE PROCEDEE

Potrivit literaturii de specialitate digul de centură al iazului de depozitare a sterilului se construiește prin procedeele următoare :

1. Construirea digului în trepte folosind sterilul excavat din marginea incintei iazului

Această metodă este descrisă de către Ph. Rabone [67] și de către M. A. Mateev [68]. În descrierea metodei, Ph. Rabone arată că pentru crearea unui iaz de depozitare, se construiește inițial un parapet înalt de cîteva picioare din pămînt sau zidărie și după aceea se folosește pentru înălțarea digului chiar sterilul depozitat în iaz. Aceasta se execută adesea manual ; iazul este împărțit în două secții și în timp ce o secție este în curs de umplere, peretele celeilalte secții este înălțat — unu sau două picioare — cu material excavat din marginea iazului (fig. X.14).

Fig. X.14. Construirea digului prin excavare :
1 — dig primar ; *2* — dig secundar din steril excavat ; *3* — excavație pentru construirea digului secundar [67 și 68].

Metoda este rudimentară și foarte constisitoare din cauza manoperei.

2. Construirea digului prin conuri din sterilul depus direct în iaz

Metoda este descrisă de către M. A. Mateev [68] (fig. X.15), precum și de Ph. Rabone [67], (fig. X.16) care arată că digul poate fi construit uneori prin depunerea directă în iaz a sterilului fără a mai fi necesară operația de excavare.

În acest scop, pentru a conduce sterilul se instalează un jgheab la o înălțime de cîteva picioare deasupra parapetului de-a lungul întregii sale lungimi și se execută găuri laterale sau la fundul jgheabului la intervale mici, astfel încît să dirijeze o serie de șuvoaie de tulbureală pe partea din interior a digului existent.

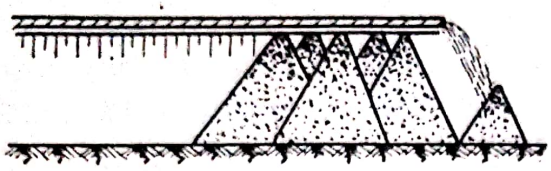


Fig. X.15. Construirea digului prin conuri de steril [68].

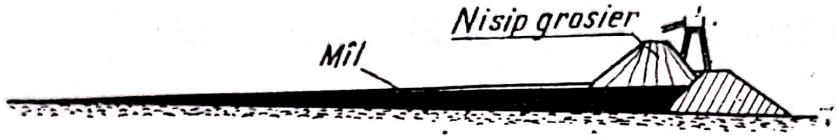


Fig. X.16. Construirea digului prin conuri de steril [67].

Grăunții grosieri ai sterilului se depun acolo unde cad, formînd conuri care eventual se pot uni formînd un dig continuu; părțile fine curg spre interior, unde se depun.

Tot Ph. Rabone consideră această metodă nesatisfăcătoare, în special pentru sterilul provenit din minereuri măcinate fin, din cauză că mîlul creează fețe de alunecare și provoacă ruperea digului.

Metoda este empirică și nu se bazează pe folosirea judicioasă a caracteristicilor sterilului, determinate în prealabil.

3. Construirea digului cu ajutorul clasificatorului

Pentru a evita alunecările se folosește procedeul sortării sterilului cu un clasificator.

Metoda este descrisă de Ph. Rabone [67], (fig. X.17).

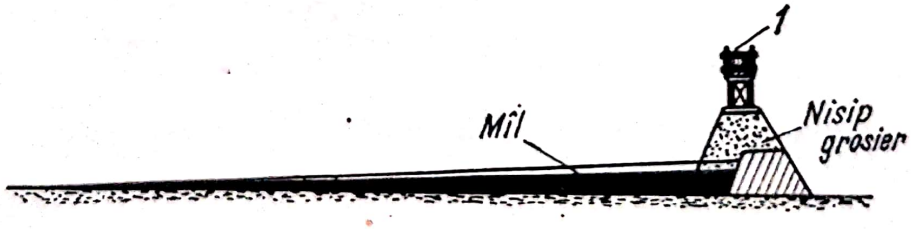


Fig. X.17. Construirea digului în trepte cu clasificatorul *1* [67].

Din nisipul grosier se formează treapta digului de centură, iar materialul fin cu mîl este descărcat în interiorul iazului. Clasificatorul este instalat pe digul de centură și se deplasează pe întregul contur, construind digul pe secțiuni.

Scanned with OKEN Scanner

Metoda sortării sterilului este descrisă și de A.F. Taggart [74], **sortarea obținîndu-se prin două mijloace :**

1) *Prin jgheaburi (sau conducte) suspendate deasupra bordurii iazului și prevăzute în partea de jos cu orificii la intervale de 5 — 10 picioare*; sterilul grosier care curge pe fundul jgheabului, cade prin orificii, în timp ce grăunții fini și mîlul sînt conduși pînă la capăt și sînt dirijați printr-un jgheab lateral spre centrul iazului. Nu se obține o sortare adecvată prin această metodă.

2) *Prin folosirea clasificatorului (fig. X.18-Old Dominion — S.U.A.), care se deplasează pe șine de-a lungul conturului digului, fiind tractat de un remorcher.* Construcția digului se face în secțiuni (tronsoane) de 20 picioare cu prelungirea corespunzătoare a conductei de tulbureală, iar înălțimea treptei este de 12 picioare și se atinge o înălțime maximă de dig de 30 picioare.

Metoda construirii digului cu clasificatorul este descrisă și de W. Gründer [70] în Erzbergwerk Grund, Goslar, la Bad Grund Härz.

Sterilul este pompat cu două pompe legate în serie la iazul de decantare — la circa 300 m depărtare — unde cu ajutorul unui clasificator deplasabil se separă 35% din greutate — din nisipul aflat în tulbureală, formînd digul de centură al iazului, iar șlamul cu granulație fină provenit din supraplinul clasificatorului trece în decantor. Apa limpezită rezultată din decantarea șlamului este evacuată printr-un călugăr în conducta colectoare.

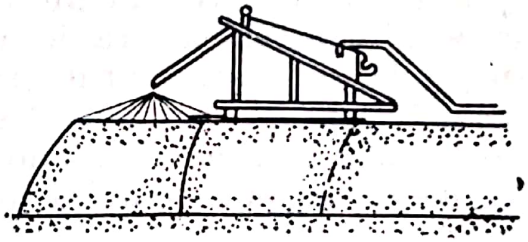


Fig. X. 18. Construirea digului în trepte cu clasificatorul [74].

Metoda de construire a digului cu ajutorul clasificatorului este empirică și foarte costisitoare; în afara investiției intervin cu pondere importantă cheltuielile de exploatare, iar acționarea, întreținerea și deplasarea clasificatorului comportă dificultăți tehnice, practic neputînd funcționa în epoca înghețului. Pe de altă parte digul obținut din materialul grosier poate fi străpuns de apă și se poate rupe.

Scanned with OKEN Scanner

4. Construirea digului în trepte (berme) folosind conurile de deşlamare

Uneori, în locul clasificatoarelor mobile se folosesc pentru sortarea nisipului, clasificatoare stabile ca spitzkasten sau conuri (recipiente conice metalice) cu descărcare mecanică ; metoda este menţionată de Ph. Rabone [67] şi descrisă de F. A. Taggart [70] (fig. X.19, Inspiration — S.U.A.).

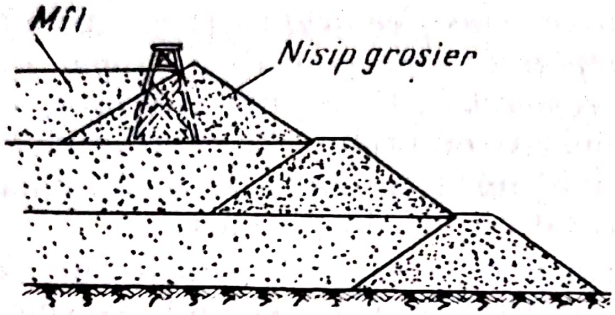


Fig. X.19. Construirea digului în trepte cu ajutorul conurilor de deşlamare [74].

Prin construcţia şi modul de suspendare conurile descarcă automat nisipul îngroşat. Ele sînt distribuite de-a lungul eşafodajului de susţinerea jgheabului de tulbureală la intervale de 12 picioare şi alimentate prin branşamente laterale din jgheab.

Nisipul şi mîlul sînt descărcate prin ştuţuri, primul într-o haldă marginală şi al doilea în incinta iazului. Cînd halda marginală — bordura — a atins o înălţime de 40 picioare s-a înălţat un nou eşafodaj — retras spre interior la 80 picioare depărtare de marginea exterioară a digului — şi s-au suspendat din nou conurile, reluîndu-se operaţia pentru construirea unei noi trepte. S-au construit 4 trepte — cu terase de 12 picioare, digul atingînd o înălţime finală de 126 picioare. Digul prezintă pericol de alunecări datorite mîlului neconsolidat de sub digul de centură.

5. Construirea digului în trepte (berme) — folosind excavatorul

Metoda este înfăţişată în fig. X.20 şi descrisă de G. A. Melnicov [71] şi C. A. Razumov [72], fiind menţionată şi de Ph. Rabone [67].

A. F. Taggart [74] arată că la exploatarea din Miami — S.U.A. tulbureala este deversată prin ramificaţiile laterale ale jgheabului de aducţiune care este suspendat pe un eşafodaj plasat în incinta iazului de-a lungul digului de centură la 25 picioare depărtare de periferia iazului ; cu ajutorul unui excavator folosit la lucrările de căi

Scanned with OKEN Scanner

ferate, se construieşte digul în trepte înalte de 6 picioare, dar fără terase, taluzul exterior al treptelor reprezentînd o linie continuă.

Metoda este costisitoare şi comportă serioase dificultăţi tehnice în deplasarea excavatorului pe digul de centură.

Alte metode de evacuarea sterilului se descriu în continuare.

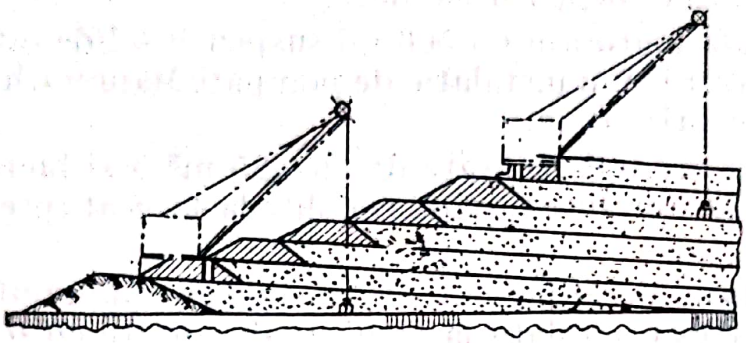


Fig. X. 20. Construirea digului în trepte cu excavatorul [71 şi 72].

a. **Evacuarea sterilului prin metode combinate** 1) *îngroşătoare*; 2) *filtre şi benzi de transport*; 3) *iazuri şi screper-funicular* W. Gründer [70] în Marl-Westfalen — R.F.G.

Tulbureala este pompată în îngroşătoare, din care: 60—65% din steril trece la filtre, iar 30—35% (şlamul fin cu 180 g/l suspensii) este refulat cu pompele la iazuri.

Sterilul de la filtre este dus pe bandă de transport în siloz de unde: 350 t/zi sînt duse pe bandă la secţia de fabricaţie a materialelor de construcţie, 60—80 t/zi pe bandă la mînă pentru rambleiaj, iar restul 150—200 t/zi la un siloz de unde cade în corfele funicularului care îl transportă la haldă (la 1 600 m).

Cele trei iazuri sînt folosite prin rotaţie: în primul se pompează şlamul, al doilea se află în curs de secare, iar din al treilea sterilul este evacuat cu ajutorul screperului şi dus cu funicularul la haldă. Evacuarea sterilului prin metode combinate (filtru, bandă de transport, pomparea şlamului la iaz, screper funicular) reprezintă 22% din cheltuielile de exploatare comparativ cu 25% costul flotării şi filtrării concentratului;

— costul flotării 0,94 mărci germane/t minereu brut;

— costul evacuării sterilului 0,92 mărci germane/t minereu brut — din care 88,4% steril, rezultînd 1,04 mărci germane/t steril.

Pentru operaţiile de evacuarea sterilului sînt folosiţi 12 oameni/zi.

b. **Evacuarea sterilului cu hidrociclonul** (W. Gründer [70] Rammelsberg bei Goslar — R.F.G.). În hidrociclon este reţinută cu preponderenţă granulaţia între 40 şi 500 μ şi se poate obţine în medie 50% din sterilul de la flotaţie ca nisip, care după uscare în

filtru, este dus în mină ca rambleiaj. Sterilul fin trece într-un îngroşător cu diametrul de 20,00 m, din care apa limpezită merge direct în rîu.

Pentru îmbunătăţirea procesului de limpezire s-a adăugat gelatină în îngroşătorul cu diametrul de 20,00 m; preaplinul conţine încă 20—30 mg/l suspensii solide.

Tulbureala îngroşată cu 500 g/l suspensii solide este îndepărtată la 4 km depărtare cu o instalaţie de pompare Mammuth, fiind condusă în decantoare orizontale.

Instalaţia are o capacitate de 20—25 m^3/h şi lucrează cu două cazane care sînt umplute pe rînd şi golite la 4—5 at (presiunea aerului comprimat).

Cînd survin deranjamente la instalaţia Mammuth, tulbureala din îngroşător este refulată la iazul de decantare cu o pompă de 4" Wilfley.

Pentru evacuarea sterilului (650 t/zi) sînt folosiţi 6 oameni/zi.

* * *

Date privind costul exploatării instalaţiilor de evacuare şi decantare a sterilului în Republica Socialistă România, S.U.A. şi în Republica Federală Germania se dau în tabelele X.7 şi X.8.

Cu privire la numărul oamenilor folosiţi pentru evacuarea sterilului se menţionează că la procedeul „*Depunerii subacvatice dirijate*" sînt folosiţi 3 oameni/zi (cîte unul pe schimbul de 8 h) în timp ce la celelalte procedee sînt folosiţi în general 6 oameni/zi, excepţie făcînd doar procedeul cu clasificator care foloseşte numai 3 oameni/zi — v. Erzaufbereitungsanlagen in Westdeutschland — W. Gründer [70].

Concluzii. Din expunerea făcută se evidenţiază următoarele caracteristici ale procedeului **„Depunerii subacvatice dirijate"**:

1) *Se bazează pe o metodologie ştiinţifică care implică determinarea prealabilă a unor parametri privind granulometria, componenţa chimico-mineralogică, viscozitatea, gelaţia, colmatarea, coeziunea şi unghiul de frecare interioară a sterilului.*

2) *Se bazează pe o tehnică superioară şi originală din punct de vedere al concepţiilor care cuprinde*:

— realizarea hidromecanică a digului de centură cu textură compactă, stabil şi impermeabil prin „sedimentarea încrucişată în solzi" care se obţine prin pendularea jgheaburilor de repartiţie, sau prin deplasarea conformă a „labei de gîscă" cînd se foloseşte furtunul în loc de jgheab;

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul X.7. **Costul investiției și exploatării instalațiilor de evacuare și decantare a sterilului provenit de la prepararea minereurilor (după IPROMIN) în Republica Socialistă România**

Nr.	Bazinul	Metoda de evacuare și decantare a sterilului	Cantitatea de steril uscat t/zi	Costul exploatării instalației de evacuare și decantare lei t/steril uscat
1	Brad, Gura Barza	Decantarea nisipului în bazine de beton la uzina de preparare și pompare a nămolului în iaz pe conductă metalică Construirea neeconomicoasă a digului din nisipul transportat în vagoane pe cale ferată îngustă	1 000	3,00
2	Idem	Transportul tulburelii prin pompare pe conductă metalică Construirea mecanică a digului din nisipul sortat cu clasificatorul Nămolul din îngroșătoare este refulat în iaz	1 000	4,95
3	Idem	Transportul tulburelii prin pompare pe conductă metalică Construirea hidromecanică a digului prin „Depunere subacvatică dirijată"	1 000	1,25
4	Baia Mare Capnic	Tulbureala curge prin gravitație în îngroșătoare, trecînd apoi în filtre cu vid ; apa clarificată este evacuată la rîu, iar sterilul se transportă cu funicularul la haldă	500	2,50
5	Idem	Transportul tulburelii prin gravitație pe conductă metalică — 3 km Construirea hidromecanică a digului prin „Depunere subacvatică dirijată"	500	1,10

— bazinetele de alimentare a pompei cu „colectorul" de evacuare a zestrei lor ;

— „hidroecranul" pentru limpezirea tulburelii și dispozitivul denumit „sondă inversă" pentru evacuarea apei limpezite și în epoca înghețului.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul X.8. **Costul evacuării şi depozitării sterilului de la instalaţiile de preparare în S.U.A. şi R.F.G.**

(după A. Taggart [10] respectiv W. Gründer [70])

Nr. crt.	Localitatea	Metoda de evacuare şi depozitare a sterilului	Cantitatea de steril uscat t/zi	Costul per tonă de steril uscat dolari S.U.A.
1	Old Dominion — S.U.A.	Transportul tulburelii prin gravitaţie pe conductă metalică Construirea digului cu clasificatorul deplasabil	700	0,025
2	Inspiration S.U.A.	Transportul tulburelii prin gravitaţie pe jgheab Construirea digului cu conuri de deşlamare	14 000	0,0241
3	Miami — S.U.A.	Transportul tulburelii prin gravitaţie pe conductă de lemn şi jgheab Construirea digului cu excavatorul	7 000	0,0236
4	Larder Lake Ontario — S.U.A.	Transportul tulburelii prin pompare pe conductă de lemn şi deversare prin jgheaburi Construirea digului manual cu lopata, iar toamna se înalţă digul cu dragline	525	0,0350
5	Marl-Westfalen R.F.G.	Tulbureala este pompată în îngroşătoare conice, din care sterilul trece în filtre, iar şlamul este pompat în iazuri. Sterilul de la filtre este însilozat, apoi cu banda de transport este dus la fabrica de materiale de construcţii şi la mină pentru rambleiaj, iar restul este dus cu funicularul la haldă. Şlamul secat din iaz este evacuat cu screperul şi transportat cu funicularul la haldă	884	1,0400 mărci germane (0,26$ S.U.A.)

Scanned with OKEN Scanner

3) *Are un domeniu de aplicare vast și variat.*
4) *Asigură economii masive de investiție și de exploatare.*
5) *Rezolvă aspectul social sanitar, protecția rîurilor, a fondului piscicol, agricol, zootehnic și domestic.*

Din comparație cu celelalte metode de construire a digului de centură descrise în literatura de specialitate, se constată că procedeul „*Depunerii subacvatice dirijate*" cu realizarea „stratificației încrucișate în solzi" este superior atît din punct de vedere al concepției tehnice, cît și din punct de vedere economic.

* * *

Încheiere

Măsurile necesare pentru asigurarea stabilității depozitelor de steril și epurarea apelor de la prepararea minereurilor în Republica Socialistă România:

1) Normalizarea și respectarea metodologiei de deversare; folosind furtunuri lungi de ≈ 25 m și deplasînd labele de gîscă pe linii de contur, treptat spre interior, se obține o textură solziformă pe o lățime de plajă de ≈ 20 m creind un segment de rezistență a digului de centură, care servește ca suport—din sedimentul compactat pentru tronsonul (segmentul) ce urmează prin suprapunere. Prin deversarea lentă pe un segment extins de plajă se asigură un ecran hidraulic cu front larg, indispensabil floculării și decantăriii particulelor fine—mișcare lentă.

Fig. X.21. Iazul Deva. Dună rezultată din eroziunea eoliană.

2) Umplerea periodică a cuvetei iazului cu steril de granulometrie globală, creînd renuri de rezistență și spinări consolidate în zona centrală, asigură un suport mai ferm tronsoanelor (treptelor de deasupra), ce avansează spre interiorul iazului.

Scanned with OKEN Scanner

3) Aplicarea metodei de înălţare a digului cu retragerea taluzului în aval, şi cea de înălţarea digului pe linia de centru, îndeosebi pentru iazurile cu închidere de văi; se măreşte capacitatea de înmagazinare şi stabilitatea depozitului (micşorînd pericolul de lichefiere).

4) Folosirea hidrociclonului pentru separarea şi îndepărtarea fracţiunii de material fin excedentar.

5) Conservarea depozitelor de steril, după abandonare, începînd cu Deva, care se degradează din cauza acţiunii eoliene; în fig. X.21 se vede formarea dunei, ca rezultat al eroziunii.

6) Crearea unei staţii minipilot pentru determinarea parametrilor specifici, necesari proiectării iazurilor.

7) Efectuarea de lucrări de cercetare pe modele reduse de laborator—folosind calculatorul pentru determinarea parametrilor geotehnici şi hidrodinamici ai sedimentului (metodă folosită cu succes de mai mulţi ani în S.U.A.), [169 şi 170].

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul

XI

INVESTIGAŢII HIDROGEOTEHNICE ÎN DEPOZITELE DE STERIL ŞI IAZURILE DE DECANTARE, EFECTUATE ÎN ANUL 1972/1973/1974 DE IPROMIN, ICEMIN, I.C.P.T.G., INCERC, I.G.P.S.M.S. şi I.P.G.C.

Aceste investigaţii au avut ca scop determinarea parametrilor hidrogeotehnici ai sedimentelor din iazurile de decantare spre a putea verifica stabilitatea depozitelor existente şi în ce măsură apele evacuate din iazuri satisfac reglementările în vigoare privind protecţia surselor naturale de apă.

Pentru considerente de spaţiu şi dat fiind numărul mare de iazuri studiate rezultatele sînt redate sub formă rezumativă ţinînd seamă totodată şi de factorii puşi în evidenţă de cercetările susmenţionate.

A. AVARIA IAZULUI DE LA CERTEJ-SĂCĂRÎMB (30.X.1971) [1)]

Iazul de la Certej (fig. XI.1) s-a dezvoltat în trei etape : Etapa I — 1952—1959; Etapa II — 1960—1966; Etapa III — 1967—1970. În amplasamentul iazului s-a prevăzut încorporarea terenului de sport de la extremitatea nordică — un platou înalt amenajat pe halda de steril de mină; iazul a ajuns la cota terenului de sport la finele etapei I şi extinderea s-a făcut în Etapa II. Digul de amorsare din etapa I a fost executat pînă la baza platoului de sport care închidea iazul la Nord.

În vederea stabilirii cauzelor care au dus la avarierea iazului — cu urmări catastrofale — s-au executat o serie de lucrări de teren —

1) Elaborat pe baza determinărilor de laborator şi a cercetărilor pe teren efectuate personal la intervale de timp diferite.

Scanned with OKEN Scanner

8 foraje geotehnice și un șanț în trepte — și de laborator — analize fizico-mecanice, mineralogice, chimice și termice — lucrări efectuate de IPROMIN, ICEMIN și I.C.F.E. — Cîmpina.

Se redau mai întîi caracteristicile granulometrice și mineralogice ale probei medii de steril și tulbureală de la ieșirea din instalația de

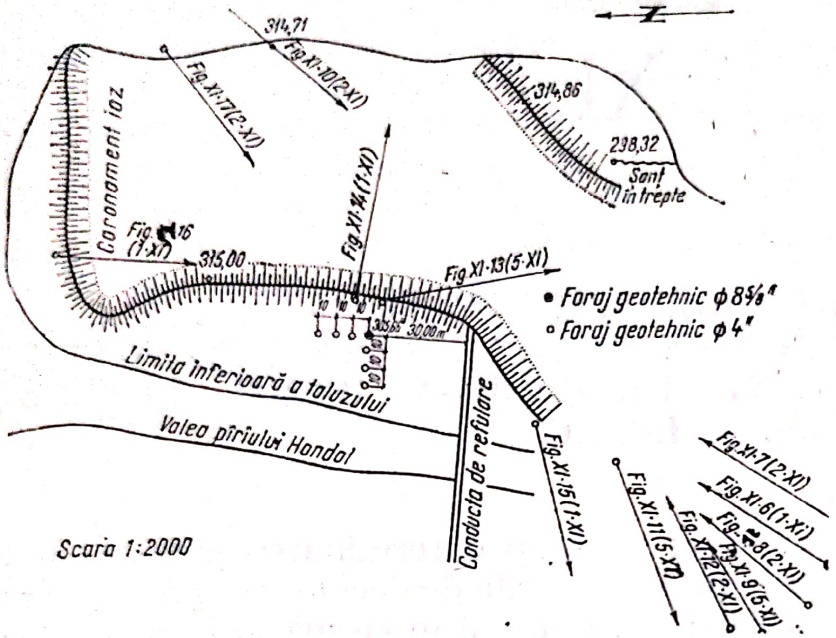


Fig. XI. 1. Iazul Certej. Schița amplasamentului.

Tabelul XI.1. **Compoziția granulometrică**

Clasa, mm	%
Peste 0,50	Urme
0,50 0,20	6
0,20 — 0,10	14
0,10 — 0,05	14
0,05 — 0,02	11
0,02 — 0,01	12
0,01 — 0,005	10
Sub 0,005	33
Total	100

Tabelul XI.2. **Compoziția mineralogică**

Nr. crt.	Mineralul	Formula	%
1	Fragmente, rocă silicifiată și argilizată	—	45 — 47
2	Cuarț	SiO_2	10
3	Feldspați	$Na,K(AlSi_3O_8)$	1 — 2
4	Sericit	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	2 — 3
5	Minerale argiloase (illit și caolinit)	$K<1Al\ (SiAl)_4O_{10} \cdot (OH)_2 \cdot nH_2O$	30 — 35
6	Calcit	$CaCO_3$	≈5
7	Dolomit	$CaMg(CO_3)_2$	≈5
8	Clorit	$(MgFe)_5Al(AlSiO_3O_{10})$	Subord.
9	Amfiboli	$Ca_2Na(MgFe)_4[(Al, Fe)(SiAl)_4O_{11}](OH)_2$	Subord.
10	Piroxeni	$Ca\ (MgFeAl)(Si\ Al)_2O_6$	Subord.
11	Apatit	$Ca_5(PO_4)_3Fe$	Urme
12	Pirită	FeS_2	1 — 2
13	Oxizi și hidroxizi	Fe_3O_4; $FeOOH \cdot nH_2O$	<1
14	Gips	$CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$	<0,5

Scanned with OKEN Scanner

preparare de la Certej (luată după avariere). Caracteristicile au fost determinate prin cernere şi sedimentare — areometru Casagrande — observaţii microscopice, analize roentghenostructurale şi termodiferenţiale (tabelele XI.1 şi XI.2).

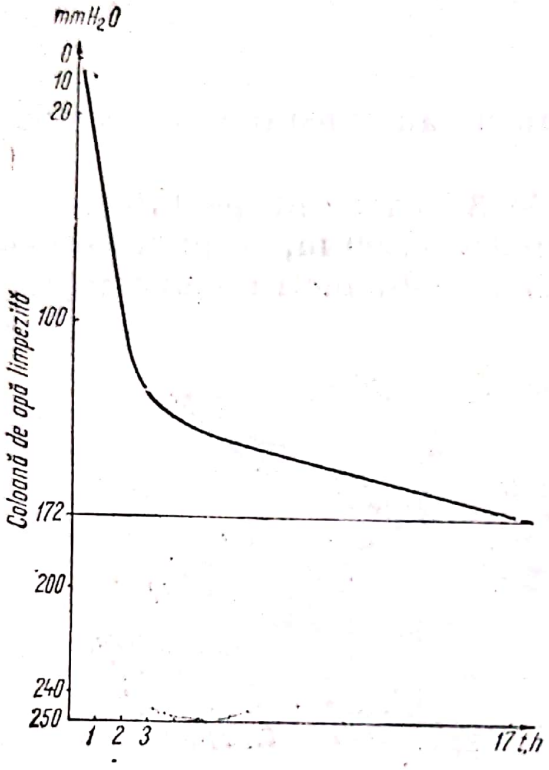


Fig. XI.2. Curba de decantare a tulburelii.

Din tabelul mineralogic se constată prezenţa în proporţie ridicată (45—47%) a fragmentelor de rocă silicifiată şi argilizată, precum şi a mineralelor argiloase (30—35%) dintre care majoritatea fiind illit şi în proporţie mai redusă caolinit. Apare cuarţul cu 10% şi calcit şi dolomit 5%.

Tabelul XI.3. **Analiza fluidelor de la Certej Săcărîmb (I.C.P.G. — Cîmpina)**

Nr. crt.	Denumirea probei	Greutatea specifică kgf/dm³	Viscozitatea		Gelaţia g		Filtrare API cm³	T min	pH	Conţinutul, vol., %		
			Marsh s	Stormer cP	Iniţială	După 10 min				Apă	Particule fine	Nisip
1	Steril de minereu complex — Mina Vorţa	1,39	32	24	20	20	233	55	8,0	61,0	6,8	32,2
2	Steril de minereu de haldă	1,28	30	12	8	9	195	20	6,8	79,2	—	20,8
3	Steril de minereu aurifer, sector 2	1,07	28	<5	0	0	287	15	6,7	96,0	2,9	1,1

Scanned with OKEN Scanner

Viteza de sedimentare este 0,055 m/h (fig. XI.2), iar $pH = 5,5$.

Caracteristicile reologice ale tulburelii provenită de la cele 3 tipuri de steril rezultat de la preparare, sînt redate în tabelul XI.3.

1. Lucrări de teren

a. Sondaje geotehnice. Lucrările au constat din 8 sondaje geotehnice :

— un foraj cu diametrul de 8″ executat pe taluzul vestic al iazului, cu adîncimea de aproximativ 17,00 m, cu prelevare continuă de probe netulburate și probe tulburate din metru în metru (fig. XI.3) ;

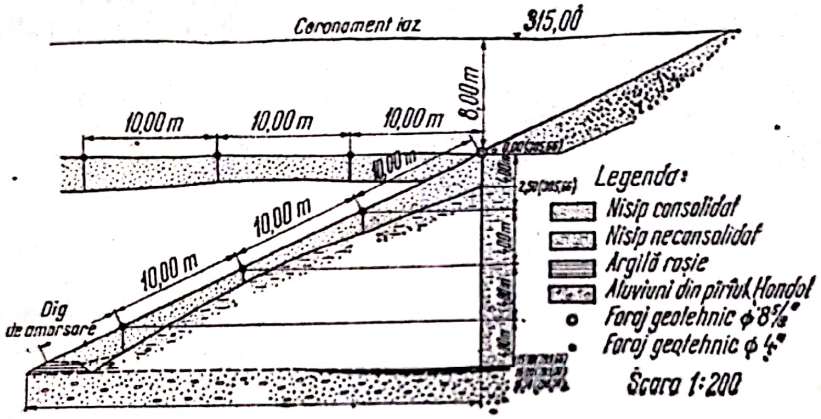


Fig. XI. 3. Secțiune litologică prin taluzul vestic.

— un șanț în trepte, dispus pe linia de cea mai mare pantă, amplasat între limita rupturii în partea superioară a digului avariat și digul inițial (de amorsare) de la bază (v. fig. XI.1).

Forajul a întîlnit următoarea litologie :

Grosimea stratului, m	Natura stratului	Proba
0,00— 2,80	Nisip argilos consolidat	Probe netulburate
2,80—10,50	Nisip argilos moale, cu apă	Probe tulburate
10,50—11,50	Argilă nisipoasă	Probe tulburate, puțin
11,50—16,00	Nisip argilos, moale, cu apă	concludente
16,00—16,20	Sol vegetal	
16,20—16,40	Pietriș în masă de nisip	

Forajul a fost oprit în aluviunile pîrîului Hondol.

Scanned with OKEN Scanner

Din sondaj s-au prelevat probe netulburate continue, pînă la adîncimea de 2,80 m :

Adîncimea, m	Unghiul de frecare interioară — uscată α°	Sub apă α°
0,90	31—33	30—32
2,07	28—34	27—32
2,34	24—31	23—30

Pe restul adîncimii s-au recoltat probe tulburate la fiecare metru, deoarece materialul fluid nu a fost reţinut de ştuţ.

Sanţul în trepte s-a executat de la ţăruşul plasat la cota 298,32 m, pînă la digul de amorsare. Programul prevăzut în temă — trepte de 2,00 m adîncime şi 1,20 m lăţime — nu a putut fi realizat integral din cauza surpării taluzului (fig. XI.4). Pe toată lungimea cercetată, stratul de nisip consolidat de la suprafaţă are grosimi reduse, pînă la 1,00 m, sub el găsindu-se nisip argilos moale, cu apă. La baza şanţului a fost întîlnit digul de amorsare, constituit din argilă roşie.

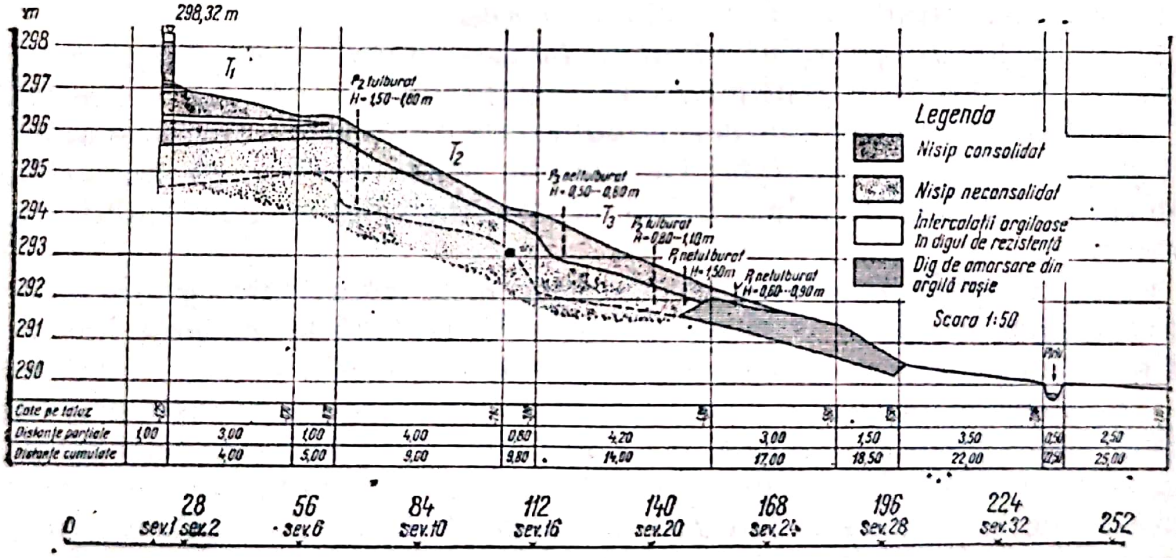


Fig. XI.4. Secţiune litologică prin taluzul sudic — şanţ în trepte.

Din şanţ s-au prelevat atît probe tulburate, cît şi probe netulburate.

În afara acestor două lucrări s-au mai executat 6 foraje geotehnice cu sondeza de 4″ diametru, pînă la baza stratului de nisip argilos consolidat, pe amplasamentele date în fig. XI.1. Scopul acestor foraje, din care nu s-au recoltat probe, a fost stabilirea grosimii părţii consolidate a taluzului, pe o suprafaţă mai mare.

Scanned with OKEN Scanner

b. **Observații geologo-tehnice. În perioada realizării sondajelor arătate mai înainte, s-au mai efectuat unele observații cu caracter geologo-tehnic. Astfel:**

1) *Din forajul geotehnic s-au extras în timpul lucrului circa 300 l apă.* Nivelul apei a crescut de la încetarea lucrului pînă la reluarea lui (16 h) cu 2,00—3,00 m, de la talpa găurii, forajul fiind tubat pe adîncimea respectivă ; totuși, apa sub presiunea nivelului piezometric a pătruns prin spate și pe sub șiu în interiorul coloanei de 8″ diametru.

2) *Nisipul scos din foraj și aruncat pe taluz păstrează apa* ; astfel, la 1—2 h după aceea are suficientă apă pentru a o ceda cînd este strîns în mînă — aceasta este caracteristica illitului. Materialul are o comportare caracteristică la pipăit, părînd ușor gelatinos.

3) *În șanțul executat, nisipul muiat cu apă rămîne la verticală pentru scurt timp după săpare, fără să cedeze imediat apa.* El are același aspect ca cel descris mai înainte. *Nisipul se surpă rapid sub pașii celui care sapă sau la loviturile de lopată date în nisipul consolidat din apropiere* (distrugerea coeziunii).

4) *La baza șanțului, în apropierea digului de amorsare, din taluz a apărut un mic izvoraș de apă limpede, venind de pe suprafața de separație dintre nisipul consolidat și cel cu apă* [1].

5) *În pereții șanțului săpat în taluz se găsesc lamele argiloase cu grosimi de ordinul centimetrilor, orizontale, cu extindere limitată.*

6) *Grosimea taluzului consolidat crește de la bază spre coronament, cel puțin în zonele sondate.* De aici se poate deduce că materialul consolidat, depus în taluz, a fost parțial înglobat în materialul fluid vîscos.

7) *Pe plaja iazului s-au observat mici adînciturі, gropi conice cu raza de 0,30—0,40 m și adîncimi de 0,10—0,20 m, formate în nisip de deversarea concentrată — violentă — a tulburelii.*

8) *Taluzul iazului a continuat să se prăbușească și după avariere.* Diverse zone, atît spre interior, cît mai ales spre exterior, la capetele din zona avariei. Blocurile surpate au formă concavă și volume de ordinul zecilor de metri cubi. *În zona surpată taluzul rămîne cu înclinări foarte mari, în partea superioară aproape de verticală. Materialul surpat nu alunecă, ci curge.*

9) *În rupturile proaspete taluzul pare constituit din nisip cu umiditate scăzută. Pe fața rupturii se observă, din loc în loc, goluri cu adîncimi pînă la 0,50 m și perimetrul cvasicircular, cu diametrul pînă la 1,00 m.* Uneori de la aceste gropi pornesc șanțuri superficiale, cu lungimea de 2,00—3,00 m, create de curgerea apelor din taluz.

---

[1] Sedimentul neconsolidat fiind tixotropic nu permite circulția apei dar cel consolidat are interstițiile libere, permițînd circulația apei în sens gravitațional.

Scanned with OKEN Scanner

10) *Materialul căzut la piciorul taluzului pare turnat cu apă și are aspectul celui descris la punctul 2).*

11) *În zona avariei, la jumătatea înălțimii iazului, există un prag evident peste care sterilul a curs fără să-l distrugă, de unde rezultă că materialul este consolidat în zona respectivă.*

12) *Materialul curs din iaz, în momentul producerii avariei, a avut un recul și a înaintat în amonte pe valea pîrîului Hondol, circa 100,00 m de la limita sudică a iazului.* Grosimea materialului împins în amonte este de 1,00—3,00 m. Reculul său a avut un caracter violent, întrucît stația de pompare nu a mai fost găsită pe amplasamentul ei [1].

2. Lucrări de laborator

Probele prelevate din forajul geotehnic, din șanțul de la baza taluzului și de la instalația de preparare, au fost analizate în laboratoarele IPROCHIM, ICEMIN și I.C.F.E.—Cîmpina, pentru determinarea caracteristicilor fizice, mecanice, mineralogice și chimice.

a. **Analize fizice și mecanice.** Granulometria: în laboratorul IPROMIN granulometria nu s-a putut efectua integral, din cauza precipitării materialului ales pentru sedimentare. În consecință s-a determinat numai prin cernere, separat, fracțiunea nisip (2,0—0,5 mm), iar praful și argila au fost date împreună. Din examinarea datelor se constată că nisipul predomina substanțial, pînă la adîncimea de 5,20 m, fiind prezent în procente de peste 84%, cu excepția unei probe de la adîncimea de 2,53 m. În 4 probe nisipul deține procente de peste 90%.

Sub adîncimea de 5,20 m, procentul de argilă-praf crește la valori peste 20%; uneori aceste valori depășesc 50%. Se remarcă valoarea ridicată a proporției de nisip la ultima probă din iazul provizoriu, adîncime 15,80 m.

Probele recoltate din șanț conțin peste 70% nisip cu excepția celei recoltate din digul de amorsare, constituit din argilă roșie.

În laboratorul ICEMIN s-a determinat granulometria pe 4 probe (nr. *I*, *II*, *III* și *IV*), rezultînd compoziții asemănătoare cu cele obținute în laboratorul IPROMIN. Nisipul este majoritar, iar praful și argila în cantități egale la primele două probe. La probele *III* și *IV*, praful este de 28% față de argilă 19% și respectiv 11%.

---

[1] Forajul de la baza taluzului a interceptat digul de amorsare în aval de joncțiunea cu baza platformei, învederînd astfel că porțiunea digului de pe flancul platoului de sport — situat în amonte — a rămas „in situ", adică îngemănarea sedimentului depus în etapa I cu cel depus pe platou s-a făcut în mod corespunzător, deși ar fi putut avea loc tasări diferențiale în cele două zone, aval și amonte — sud și nord — generînd astfel solicitări (forțe de alunecare) pe planul de îngemănare.

Scanned with OKEN Scanner

Compoziția granulometrică în detaliu este redată în tabelul XI. 4, iar granulometria materialului pe probele analizate în laboratorul I.C.P.T.G-Cîmpina este dată în tabelul XI. 5.

Tabelul XI.4. **Compoziția granulometrică**

Nr. crt.	Clasa, mm	V, %, pentru proba: I	II	III	IV
1	Peste 0,50	—	—	6	3
2	0,50—0,20	19	20	20	22
3	0,20—0,10	33	31	15	23
4	0,10—0,05	19	15	12	13
5	0,05—0,02	11	11	10	14
6	0,02—0,01	5	6	13	8
7	0,01—0,005	3	2	5	6
8	Sub 0,005	10	15	19	11

Tabelul XI.5. **Granulația materialului probelor analizate**

Nr. crt.	Clasa, mm	Proba, % Steril de minereu mina Vorța	Steril de minereu de haldă	Steril aurifer
1	Reziduuri pe sită 0,15 mm	52,70	31,40	26,70
2	Idem, 0,06 mm	28,50	24,20	28,30
3	Material fin	38,80	44,40	45,00

Limita de curgere W_p, în %, nu s-a determinat decît pe o parte din probe și este cuprinsă între 10 și 22%

Greutatea volumetrică γ_v, în t/m³, s-a analizat numai pe probele netulburate, recoltate din partea consolidată a taluzului; este cuprinsă între 1,60 și 1,86 t/m³ pentru materialul întîlnit în foraj și între 1,86 și 1,99 t/m³ pentru materialul recoltat din șanț

Porozitatea n, în %, pentru nisipul consolidat din foraj este cuprinsă între 42 și 49%, iar pentru cel din șanț între 39,8 și 41,6%

Umiditatea S are o variație foarte mare în materialul consolidat, cuprinsă între 0,33 și 0,80 în foraj și între 0,76 și 0,95 în șanț

Gradul de îndesare D are valori mari cuprinse între 0,87 și 0,97

Capacitatea de îndesare C are de asemenea valori mari, peste 0,9, cu unele excepții

Compresibilitatea în edometru indică posibilitatea unor tasări relativ mari:

$$F_{(2-3)} = 83 \cdots 125\,; \quad ep\alpha = 26 \cdots 49$$

b. **Analize mineralogice.** Fragmentele de rocă care constituie mediul granular prezintă o structură microcristalină și apar ca agregate de cristale de cuarț, în amestec cu sericit, minerale argiloase și relicte de feldspați, reprezentînd împreună un andezit puternic silicifiat și argilizat datorită fenomenelor hidrotermale.

Scanned with OKEN Scanner

Cuarțul apare în granule monominerale cu contur neregulat.

Feldspații apar numai ca relicve, în proporție redusă, fiind substituiți în cea mai mare parte printr-un agregat fin solzos de sericit și minerale argiloase.

Sericitul apare, în afara substituției fenocristalelor de feldspați, ca produs de alterare a masei microcristaline a fragmentelor de andezit în asociație micronică cu mineralele argiloase și cuarțul microgranular.

Mineralele argiloase sînt reprezentate prin hidromice de tipul illitului și apar sub formă de particule micronice sau agregate pînă la 10—20 μ, fiind reduse în parte în fragmentele de rocă andezitică hidrotermalizată. Valorile din total se referă numai la proporția de illit dezasociat (particule sub 10—20 μ).

Calcitul se găsește în proporție redusă și sub formă de cuiburi criptocristaline sau granule de 0,2—0,002 mm.

Amfibolii și piroxenii au fost identificați numai după conturul cristalografic, fiind în întregime substituiți printr-un agregat lamelar de clorit și illit.

Pirita formează impregnații fine-micronice — rareori apărînd și sub forma de cristale idiomorfe cu dimensiuni reduse—sub 0,05 mm.

Oxizii și hidroxizii de fier formează impregnații micronice în pasta argilizată și silicifiată a andezitului.

Gipsul s-a găsit mai mult în probele *III* și *IV* și mai puțin în probele *I* și *II*; el reprezintă un produs secundar format prin reacția acidului sulfuric din apă și carbonatul de calciu. A fost observat microscopic sub formă de agregate fibroase numai cu structură fibroradiană, dimensiunile variind între 0,02 și 0,2 mm (tabelul XI.6).

Analizele termice efectuate asupra celor 4 probe sînt ilustrate de curbele termodiferențiale (D.T.A.) și termogravimetrice (T.G.) prezentate în fig. XI.5.

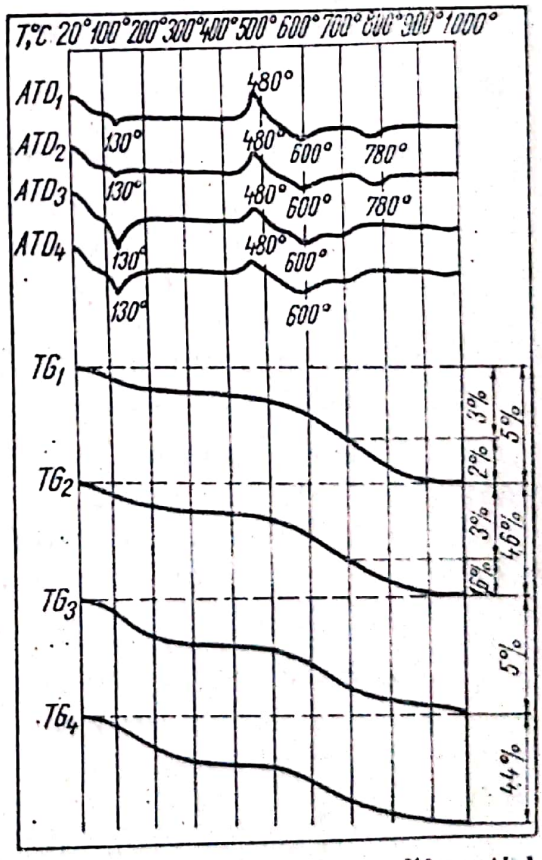


Fig. XI.5. Diagrame termodiferențiale *A.T.D.* și termogravimetrice *T.G.*

Tabelul XI.6. **Rezultatele probelor din minerale argiloase**

Nr. crt.	Mineral	Formula	Proba, %			
			I	*II*	*III*	*IV*
1	Fragmente de andezit silicat și argilizat	—	≈65	60—65	55—60	65
2	Cuarț	SiO_2	≈10	5—10	5—10	5—10
3	Feldspați	Na, K $(AlSi_3O_8)$	1—2	1— 2	≈2	1— 2
4	Sericit	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	2—3	3— 5	≈3	≈5
5	Minerale argiloase, Illit	$K_1Al_2(SiAl)_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH2O$	≈10	≈15	≈20	10—15
6	Calcit	$CaCO_3$	≈ 3	3— 4	<1	<1
7	Clorit	$(MgFe)_5Al(AlSiO_3O_{10})$	Subord.	Subord.	Subord.	Subord.
8	Amfiboli	$Ca_2Na(MgFe)_4[(AlFe)(SiAl)_4O_{11}](OH)_2$	Subord.	Subord.	Subord.	Subord.
9	Piroxeni	$Ca(Mg, Fe, Al)(SiAl)_2O_6$	Subord.	Subord.	Subord.	Subord.
10	Apatit	$Ca_5(PO_4)_3Fe$	Urme	Urme	Urme	Urme
11	Pirită	Fe_2S	≈ 2	1— 2	<1	<1
12	Oxizi și hidroxizi Fe	Fe_3O_4; $FeOOH \cdot nH_2O$	1	1	1	1
13	Gips	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	≈3	≈4	7— 8	5— 6

Diagrama din fig. XI.5 prezintă următoarele efecte caracteristice:

Efect endoterm la 130°C datorit deshidratării gipsului
Idem, la 480°C revenind descompunerii parțiale a piritei
Idem, la 600°C reprezentînd pierderea apei structurale a illitului și sericitului
Idem, la 780°C datorit descompunerii calcitului și pierderii bioxidului de carbon

c. **Analize chimice.** Analiza chimică s-a efectuat asupra apei recoltate odată cu proba.

Pe o probă medie, rezultată din apa acumulată de la mai multe adîncimi, au rezultat următoarele conținuturi:

Reziduu fix	2 898 mg/l;	Cl	23,05 mg/l
Duritate	70,04 °H;	Sulfat	1 807,32 mg/l
Ca	421,96 mg/l;	Fe	Lipsă
Mg	42,43 mg/l;	C.N.	0,90 mg/l

*p*H-ul a fost măsurat pe 3 probe de la diferite adîncimi, în laboratorul ICEMIN, iar pe alte 3 probe diferite în laboratorul I.C.P.T.G. Cîmpina (tabelul XI.7).

Scanned with OKEN Scanner

Aspectele geomorfologice ale depozitului de steril avariat: $H_{depozit} = 26{,}00$ m; $\varphi_{taluz} = 25°$ (cu 6° mai mic decît unghiul de frecare interioară al sterilului — 31°).

Avarierea depozitului s-a produs la 30.X.1971, orele 4 și 50′ a.m. Fotografiile au fost luate la 1, 2 și 5 noiembrie 1971. În schița de amplasament sînt indicate direcțiile vizuale și datele la care au fost luate fotografiile respective.

Segmentul $S - V$ (aval) al depozitului a cedat (v. fig. XI.1). Ruptura s-a produs în partea superioară (secțiunea de forfecare fiind probabil situată la circa 10,00 m sub coronament) fiind însoțită de o detunătură puternică, similară unei explozii de mare amploare (potrivit relatării paznicului care se afla în baraca situată în partea superioară a depozitului în apropierea rupturii), avînd ca efect dislocarea instantanee a segmentului de centură, pe o lungime de circa 80,00 m și pe înălțimea de circa 10,00 m pînă la coronament inclusiv; partea inferioară a segmentului respectiv a servit inițial ca deversor, fiind spălat în mod progresiv de masa de fluid din cuveta iazului. Astfel, un volum considerabil de material fluid (apă, mîl, steril) a blocat brusc talvegul pîrîului Hondol, producînd un recul în amonte și a acoperit casa pompelor de la baza taluzului (fig. XI.6, XI.7, XI.8, XI.10 și XI.12), iar arboretul de pe taluzul segmentului avariat a fost dislocat la circa 170,00 m ajungînd lîngă șosea (fig. XI.11). Dacă ruptura s-ar fi produs la baza taluzului, casa pompelor ar fi

Fig. XI.6. Fenomen de fluaj (după 2 zile, la 1 XI.1971).

Tabelul XI.7. **Rezultatele probelor de la diferite adîncimi**

Nr. crt.	Adîncimea probei, m	*p*H
1	11	5,0
2	13	5,5
3	14	5,0
4	15	8,4
5	23	7,2
6	25	6,6

fost dislocată și nu îngropată sub steril. Dacă ruptura s-ar fi produs în coronament, golirea cuvetei nu s-ar fi produs cu violența unei avalanșe, cu recul în amonte și cu proiectarea arboretului la o așa distanță.

Scanned with OKEN Scanner

În fig. XI.9, și XI.12 se poate observa fundul cuvetei din sediment consolidat la circa 12,00 m sub coronament. În partea frontală sedimentul de sub fundul cuvetei a fost spălat pe toată deschiderea

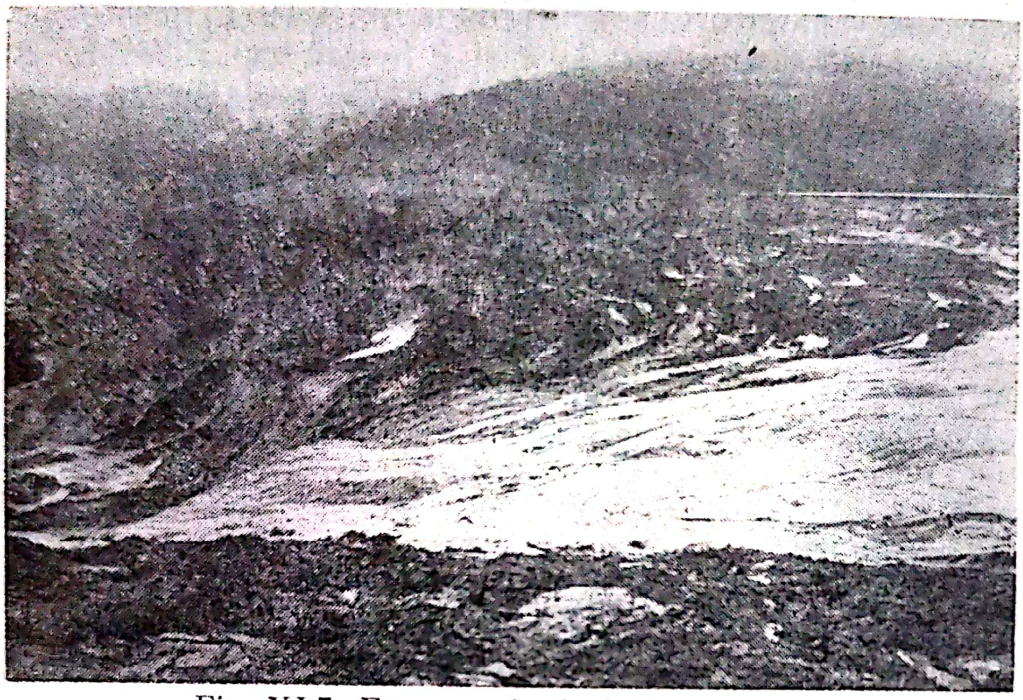


Fig. XI.7. Fenomen de fluaj (după 3 zile).

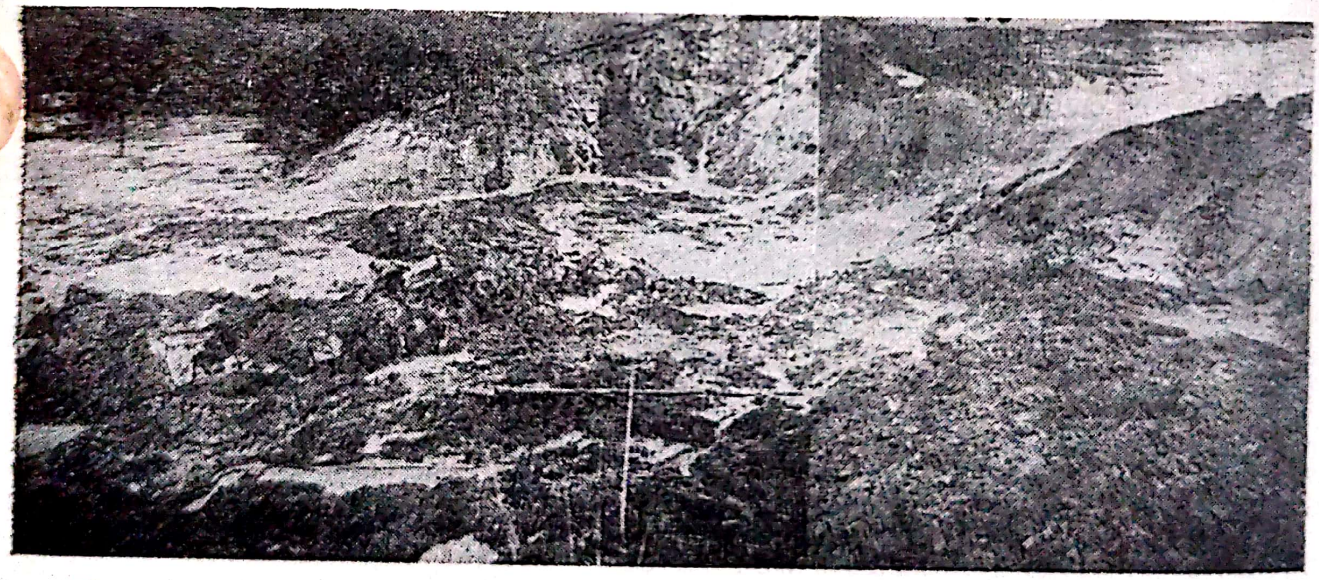


Fig. XI.8. Recul în amonte la Certej (Hondol — după 3 zile, la 2 XI. 1971). Vederea rupturii de la nord și sud. Secțiune transversală V—E prin taluz și cuveta iazului.

segmentului avariat, fenomen ce apare vizibil în fig. XI.12 (după 3 zile) și în fig. XI.9 (după 6 zile). Spălarea a creat în relief de cascadă, bine marcată în fig XI.9 și XI.12.

Scanned with OKEN Scanner

Pe măsura golirii cuvetei, dispărînd presiunea laterală, s-a produs o degradare progresivă a bordurii cuvetei datorită alunecărilor, detașîndu-se blocuri de steril de mari dimensiuni, așa cum se pot observa în fig. XI.9, XI.12, XI.13, XI.14 și XI.15. În fig. XI.6, XI.8 și XI.16

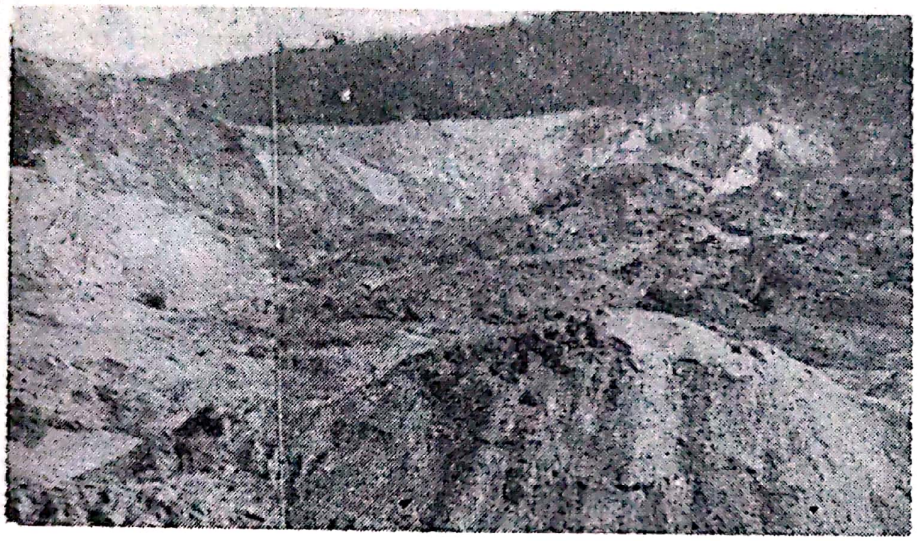


Fig. XI.9. Profilul iazului în zona rupturii (după 6 zile) la 5.XI. 1971. Secțiune prin cuvetă la Certej. Rupturile nord și sud. Privire spre est.

Fig. XI. 10, Ruptura văzută de la est — fenomen de fluaj în zona nordică (după 3 zile, la 2. XI. 1971). Vederea cuvetei de la Certej luată de pe bordura de la est privind spre sud-vest. Se văd ambele rupturi.

se poate vedea taluzul și planul rupturii transversale care este vertical, învederînd prin aceasta că sedimentul din bordura (centura periferică) depozitului este consolidat, stabil și impermeabil, curba piezometrică rămînînd în interiorul depozitului, distanțată de piciorul taluzului — terasa Hondolului permițînd filtrarea, ceea ce este confirmat și de faptul că nu au existat iviri de apă — exfiltrații — pe fața

Scanned with OKEN Scanner

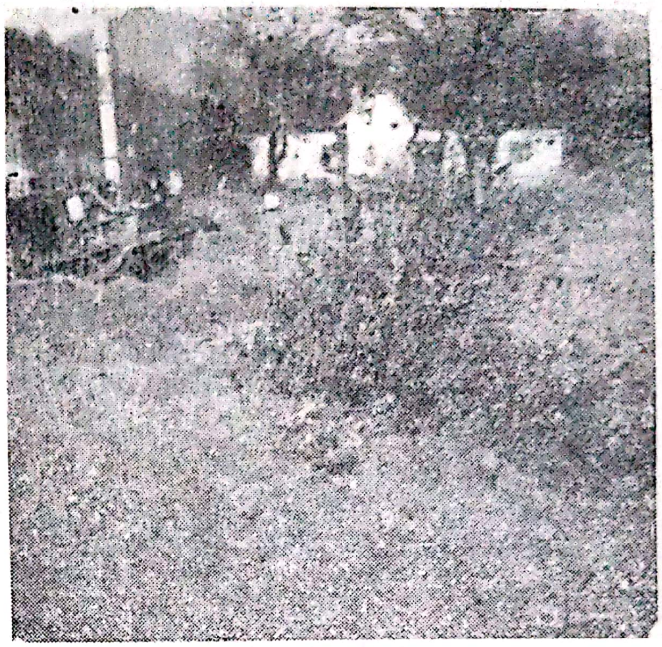


Fig. XI.11. Arboretul de pe taluz, dislocat la 170 m S — V (după 2 zile, la 1. XI.1971).

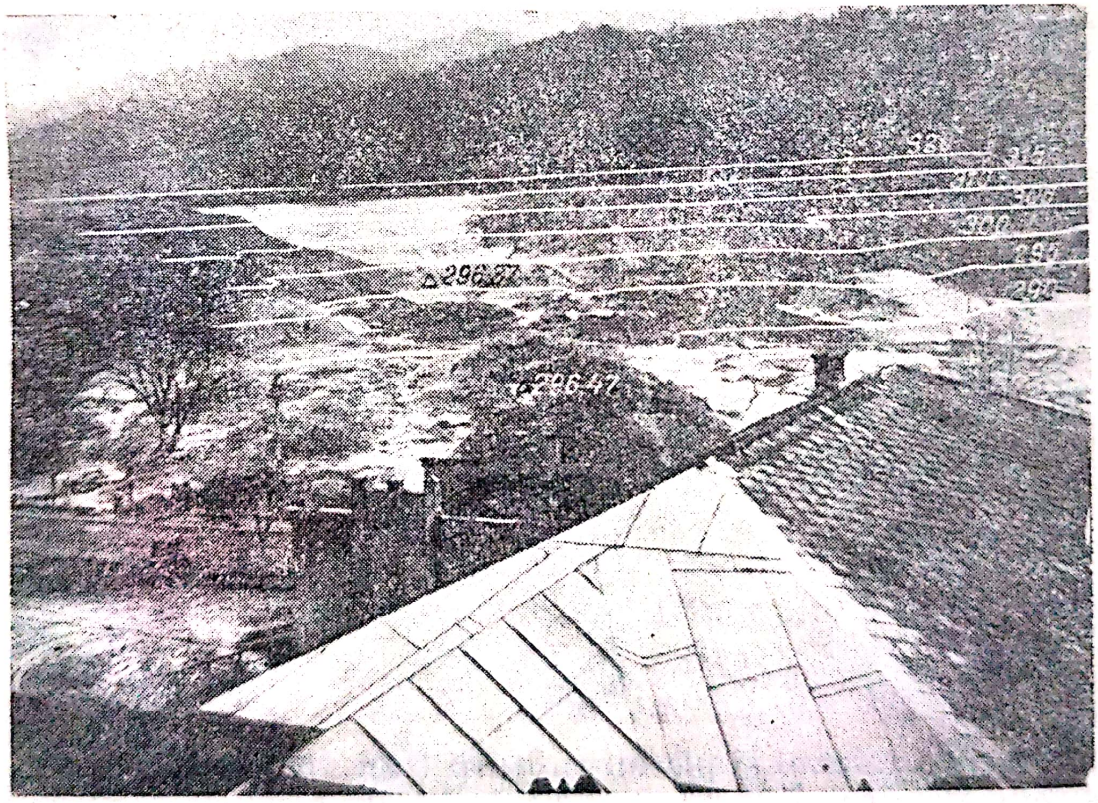
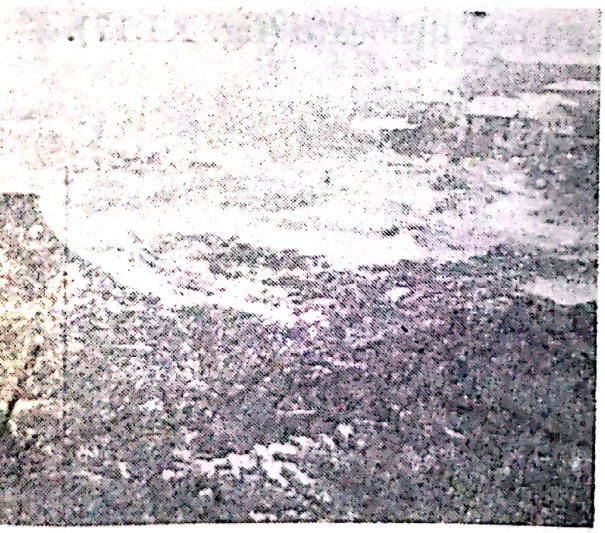


Fig. XI. 12. Vedere de ansamblu la Certej. Fotogramă cu curbe de nivel. Profilul iazului în zona rupturii (după 3 zile, la 2. XI. 1971). Se vede ruptura de la nord și de la sud, precum, și ruptura iazului de avarii în partea de sud.

Scanned with OKEN Scanner

g. XI. 13. Blocuri de sediment alunecate cuvetă din zona sud (după 6 zile, la 5.XI. 1971).

Fig. XI. 14. Blocuri de sediment alunecate în cuvetă în zona est (după 2 zile, la 1. XI. 1971).



g. XI.15. Blocuri de sediment alunecate în zona vest (după 2 zile, la 1.XI.1971)

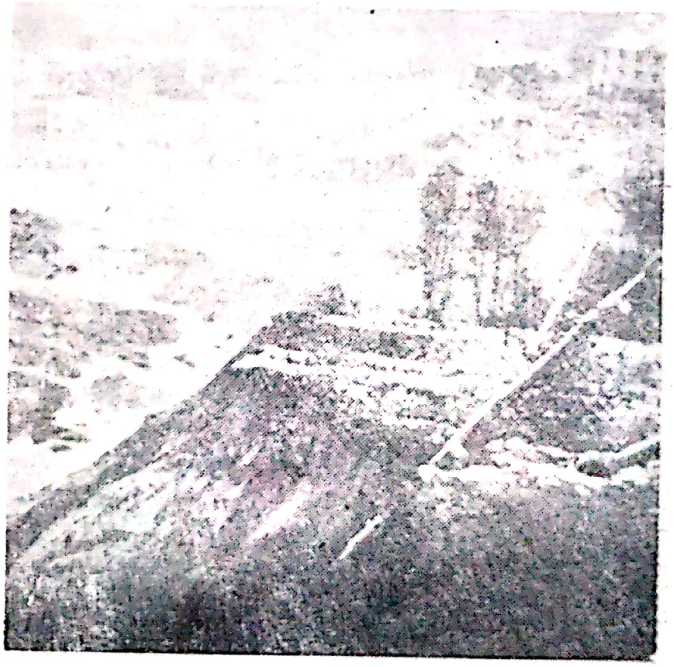


Fig. XI. 16. Plan de ruptură abrupt (după 2 zile, la 1. XI. 1971).

exterioară a taluzului, acesta fiind uscat și consolidat și de către vegetație și arboret.

În fig. XI.9, XI.12 și XI.17 se poate observa că sedimentul nu a alunecat pe flancul versantului estic — adiacent — marcînd

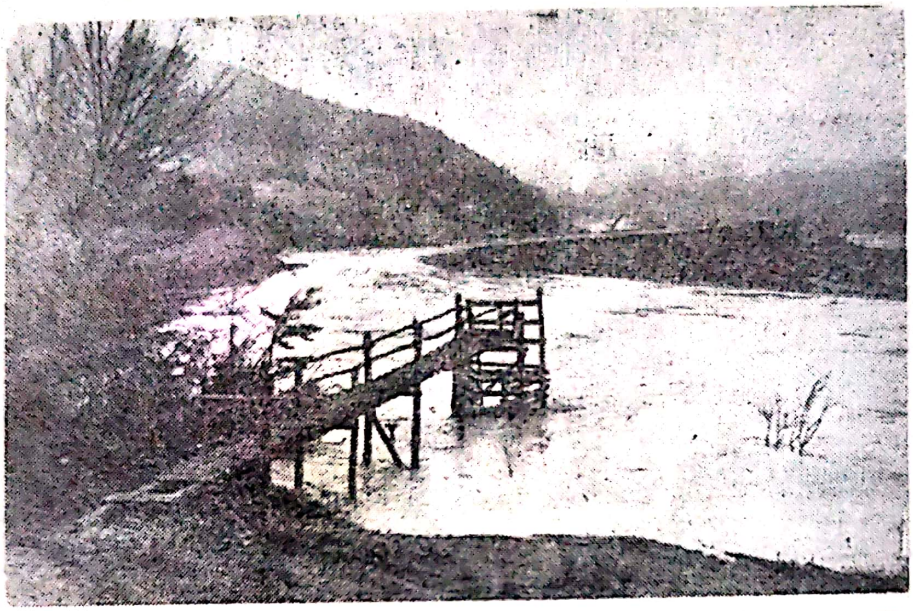


Fig. XI. 17. Vederea părții de est a iazului (cu sonda inversă) și joncțiunea cu partea de sud, pînă la ruptura cu partea de sud, pînă la ruptura din partea de sud — vest, la Certej. Pasarela și sonda inversă au rămas nedislocate, iar sedimentul aderînd de versant, nu a alunecat (după 3 zile, la 2.XI.1971).

prin aceasta o bună aderență și consolidare, cu toate că oglinda apei din iaz a fost în permanent contact cu versantul, care are și o pantă pronunțată. Pasarela și sonda inversă n-au fost dislocate (fig. XI.17).

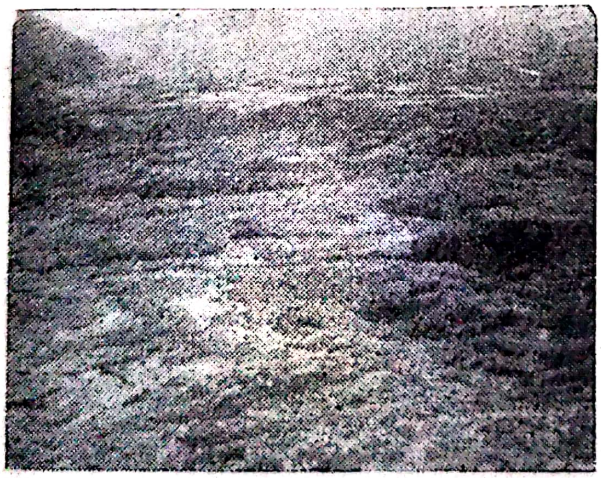


Fig. XI.18. Vederea cuvetei rămasă „in situ" cu vegetație rezultată din materialul argilos reținut pe fundul cuvetei (după 4 ani, în octombrie 1974).

Fig. XI.19. Vederea zonei S — V, constituită din material nisipos puternic erodat și cu pante abrupte (după 4 ani, în octombrie 1974).

Scanned with OKEN Scanner

În figurile XI.18 și XI.19 este dat aspectul după 4 ani, scoțînd în evidență două trăsături esențiale: eroziunea foarte accentuată în zona nisipoasă (S—V) cu pante abrupte și o vegetație suficient de abundentă pe fundul cuvetei, care a rămas "in situ" și a reținut material argilos, propice acestei plante, denumită de localnici „conti".

3. Factori și cauze posibile care au concurat la avarierea depozitului de steril

a. **Deversarea tulburelii în iaz.** Așa cum este indicat în fig. XI.9 și XI.12 sedimentul de la baza cuvetei iazului este compact și stabil. Aceasta se datorește faptului că în etapa I deversarea tulburelii în iaz s-a făcut potrivit metodologiei „*Depunerii subacvatice dirijate*", obținînd un sediment cu textură solziformă; deoarece sterilul grosier se depune la periferie, iar la centru nu ajunge decît mîl neconsolidat, în etapa I, conducta deversoare era prevăzută cu teuri din 100 în 100 m, la care se atașau furtunuri și, în mod periodic, se deversa în interiorul iazului steril grosier peste mîl, creînd astfel un sediment lamelar — cu alternanțe de granulație fină și grosieră, înlesnind consolidarea. Prin deversarea sterilului grosier în interior se creează nervuri de rezistență (radiale și diagonale), consolidînd astfel cuveta iazului și înlăturînd pericolul de lichefiere.

În etapele II și III de exploatare a iazului, deversarea tulburelii s-a făcut în snop, cu furtunurile înmănunchiate (cap de hidră) și neprevăzute cu labă de gîscă (v. fig. X.13.). Acest mod de deversare este contraindicat deoarece: violența deversării în snop nu permite formarea de solzi (stratificația încrucișată), ci produce șiroiri care erodează plaja și antrenează particulele fine care trebuie să colmateze interstițiile grăunților grosieri care se depun la periferie; creează în schimb concavități — cratere — în plajă, care ulterior sînt umplute cu material eterogen, reprezentînd puncte de slabă rezistență; astfel de concavități au fost observate pe secțiunea verticală a rupturii (v. fig. XI.6 și XI.8).

În aceste două etape de exploatare au lipsit teurile de pe conducta deversoare și nu s-a mai umplut în mod periodic cu steril grosier cuveta iazului; astfel că sterilul grosier a rămas la periferie, iar în cuveta iazului s-a acumulat material fin, formînd o masă vîscoasă saturată, susceptibilă de lichefiere, care exercită o presiune laterală asupra sedimentului consolidat depus la periferie; un factor de slăbire a rezistenței bordurii depozitului de steril îl constituie și pragul (coronamentul) înălțat manual pe periferia plăjii, folosind steril din gropi de împrumut care sînt apoi umplute cu tulbureală, ceea ce face

Scanned with OKEN Scanner

ca bordura iazului să fie neomogenă — i.e. pragul realizat manual și gropile de împrumut cu material eterogen.

b. **Procese de diageneză și laminare.** Analizele granulometrice și mineralogice au pus în evidență prezența materialului argilos pelitic și a fenomenelor diagenetice și de alterare, mai intense în zonele inferioare ale profilului, cu preponderență în probele *II* și *III* (8,20 și 11,80 m), în care mineralele argiloase de tip illitic au rezultat în proporție destul de mare (20%) — prin transformarea mineralelor și rocilor preexistente (andezitele și mineralele caracteristice acestor roci : feldspați plagioclaști bazici, amfiboli, piroxeni, biotit, sticlă vulcanică. În proba din bază (adîncimea 13,80 m) illitul este însoțit și de sericit — mineral de alterare al feldspaților și micelor.

Illitul — mineral argilos cu caracter dispersabil — identificat în tot cuprinsul profilului, reprezintă un ultim stadiu de alterare al fragmentelor de andezite.

Compoziția mineralogică a acestora impune următoarea schemă de desfășurare a procesului de diageneză și alterare :

$$\begin{cases} \textit{Feldspați} \rightarrow \textit{caolinit} \rightarrow \textit{illit} \\ \left.\begin{matrix} \textit{Amfiboli} \\ \textit{Piroxeni} \end{matrix}\right] \rightarrow \textit{montmorillonit} \rightarrow \textit{illit} \\ \textit{Biotit} \rightarrow \textit{clorit} + \textit{hidromice} \rightarrow \textit{illit} \end{cases}$$

Compoziția chimică a soluțiilor care circulă în cuprinsul acestor depozite determină în cea mai mare măsură diageneza și alterarea materialului preexistent. Procesele de oxidare și hidratare conduc la transformarea mineralelor din andezite (feldspați, amfiboli, piroxeni, mice) în minerale argiloase (montmorillonit, caolinit, clorit, hidromice). Prin îmbogățirea mediului în potasiu — eliberat din feldspați și mice — montmorillonitul trece în illit, mineral predominant în componența argiloasă.

Circulația apelor cu SO_4H_2 a contribuit la transformarea calcitului ($CaCO_3$) în gips ($CaSO_4$) identificat în procente mai ridicate în orizonturile inferioare ale profilului.

Observație. Materialul argilos pelitic, depus în cuvetă cu fenomenele diagenetice și de alterare — care au putut rezulta prin circulația apei care a permis îndepărtarea cationilor (Ca, Mg și Fe) proveniți dintr-o alterare inițială a andezitelor—întrunește caracterele aferente formării rocilor în mediu de ape dulci acide. Astfel,

Scanned with OKEN Scanner

potrivit A. Carozzi—1953 și G. Millot—1949, la rocile formate în mediu de ape dulci acide predomină caolinitul, spre deosebire de rocile formate în mediu lagunar, care sint constituite în principal din minerale micacee [167—171].

De asemenea, valoarea pH-ului în jur de 5 (pînă la 14 m—fundul cuvetei; v. tabelul XI.7) este comparabilă cu 4,7.

Valoarea medie a pH—ului—indicată de N. M. Shukri — 1941 și G. Millot—1949, pentru rocile formate în mediu de ape dulci acide și un pH de 7,8 (valoarea medie) pentru rocile formate în mediu lagunar [172 și 171].

Concluzii. *Procesele de diageneză au acționat cu intensitate crescîndă de la suprafață spre adîncime. Printre produsele minerale de diageneză rezultate, illitul—prin caracteristicile sale mineralogice și structurale (structura în foi, capacitate mare de dispersie)—a jucat un rol important la deplasarea pachetelor de sediment steril. La acțiunea dispersantă a illitului se asociază fenomenul de gonflare al montmorillonitului care prin mărirea volumului, determină deranjarea și deplasarea pachetelor de argilă care antrenează și celelalte minerale neargiloase detritice (cuarț, feldspați, clorite, fragmente de andezite).*

Circulația apei și acțiunea dizolvantă a SO_4H_2 *mărește porozitatea și permeabilitatea sedimentului.*

Sub influența compresiuni—presiunea litostatică în timp (pînă la 18 ani)—în zonele inferioare ale profilului, microagregatele argiloase din sediment au tendința de orientare paralelă—structura față-față—cu apariția unor planuri de minimă rezistență, favorizînd procesul de laminare—în mod deosebit în argilele cu illit și clorit; datorită orientării progresive a microagregatelor după axa lungă se pot amorsa și dezvolta alunecări progresive — fenomenul de fluaj (v. cap. II, pag. 16).

c. **Tixotropia — parametru reologic al mineralelor argilei — grupul montmorillonit, caolinit și illit.** Determinările de laborator au indicat în cazul tulburelii de la Certej (înainte de deversare) 20 g/10 s gelație; respectiv 0,32 kgf/m² rezistență la forfecare (adică de 4 ori mai mare decît cea mai mare valoare înregistrată la celelalte tulbureli și anume 5 kgf/10 s la caolinul de Harghita) avînd un conținut de minerale argiloase illit și caolinit 30—35%; dar trebuie ținut seama că materialul fin argilos concentrat în cuveta iazului are valori tixotropice considerabil mai mari decît tulbureala la intrarea în iaz.

Sedimentul în cuvetă este în aparență consolidat — mediu coeziv — încorporînd un important potențial de energie latentă, generată de coeziunea tixotropică. Cînd forțele de legătură dintre foițele de argilă sînt rupte, apa rigidă se fluidizează și devine un lubrifiant între particule provocînd scurgerea masei de sediment; prin dezagrarea scheletului, încărcarea este transferată materialului moale din interstiții consecutiv cu schimbarea bruscă de la o rezistență foarte mare la completa anihilare; aceasta se întîmplă cu probele tulburate luate dintr-un sediment în aparență consolidat; modificarea structurii sedimentului cauzează eliberarea apei și deci nu sînt concludente. *Acest fenomen este ilustrat în figurile XI.6, XI.7 și XI.10; datorită proprietății caolinitului și illitului de a ceda apa, sedimentul din cuvetă s-a dezintegrat, curgînd în formă de plauri (în partea de sus), apoi ca o lavă (în partea de jos).*

d. **Lichefierea. Sedimentul din iazul de la Certej prezintă următoarele trăsături specifice procesului de lichefiere** (v. cap. II, pag. 26 și cap. IV, pag. 133):

1) *Granulozitate uniformă a materialului fin*
2) *Compactitate redusă, deci mai puțin rezistent la lichefiere*
3) *Oglinda apei menține sedimentul din cuvetă în stare de saturație constituind trăsătura fundamentală a procesului de lichefiere*
4) *Cauza amorsării procesului de lichefiere poate fi atribuită vibrațiilor sau trepidațiilor provocate de dinamitările de la cariera de calcar Băița Crăciunești, din apropiere sau de la lucrările de prospecțiuni seismice care se efectuau în vecinătatea Certejului la finele lunii octombrie 1971*

Vibrațiile succesive creează o stare de rezonanță în masa de sediment argilos-tixotropic — declanșînd ruperea bruscă a legăturilor „apei orientate — rigidizate" și anihilînd instantaneu potențialul coeziunii tixotropice (proces de destindere instantanee analogă brizanței pulberilor balistice) ceea ce are ca efect inducerea unui impact care modifică brusc starea eforturilor în corpul sedimentului.

Observație. Examinarea avariei iazului Certej pune în evidență structura intricată a sedimentului și complexitatea proceselor care au loc în masa acestuia și totodată necesitatea de a efectua lucrări de cercetare pentru o mai bună cunoaștere a acestora.

Scanned with OKEN Scanner

B. IAZUL DE DECANTARE DEVA

Steril din minereu cuprifer:

Capacitate de depozitare : proiect 4 130 000 m³ ; steril depozitat = 3 440 000 m³ (septembrie 1972)
Înălțimea depozitului : proiect 41 m ; realizat 35 m
Panta depozitului : 35 — 36% flancul sud, 38 — 40% flancul nord
Deversarea tulburelii — cap de distribuție cu 4 ramificații de la înălțime
29 foraje ($8^5/_8''$) hidrogeotehnice și 6 de hidroobservație — adîncimi pînă la 32,50 m
Grosimea carcasei de sediment consolidat pe flancuri : 3,00 6,00 m (pe verticală)
Iviri de apă la bază, unde taluzul este erodat
În zona de deasupra liniei piezometrice, sedimentul este slab umezit
Sub linia piezometrică sedimentul este curgător, fluid-vîscos
Grosimea materialului consolidat — izopachitele au valori între 1,20 m la coronament și 8,80 m la bază

Caracteristici fizico-mecanice (din probe netulburate):

Limita de frămîntare 5 — 23% ; $\gamma = 1{,}40...2{,}00$ t/m³ — afînare pronunțată, invederată prin valori mari de porozitate 40—50%
Gradul de umiditate 0,15—0,2 la suprafață și 0,5—0,8 în apropierea nivelului hidrostatic, iar dedesubt saturat
Gradul de îndesare 0,3—0,6 (mijlociu)
Modulul de compresibilitate 90—160 kgf/cm² (nisip prăfos argilos-umed)
Tasarea specifică — valorile frecvente 30—40 mm/m
Unghiul de taluz natural 29—33° (specific nisipurilor) și cu 6—7° mai mic în stare inundată
Permeabilitatea — coeficientul de filtrare $K = 0{,}03 ...4{,}30$ m/zi. Adîncimea apei 4,50—6,00 m (v. linia piezometrică din planșa X.15). Panta hidraulică pe flancuri: 28:33 : 36 ; 39 și 42%

În fig. XI.18. este reprezentată curba de decantare a tulburelii.

Observație. **Iazul Valea Devei** (situat la $\approx$ 1,50 km de instalația de preparare) a preluat treptat (din anul 1973 pînă în 1974) întreaga cantitate de tulbureală ($\approx$ 10 000 m³/zi) care se deversa în iazul

Scanned with OKEN Scanner

Deva (care a fost scos din funcţiune). Digul de amorsare este amplasat în aval de confluenţa celor două talveguri :

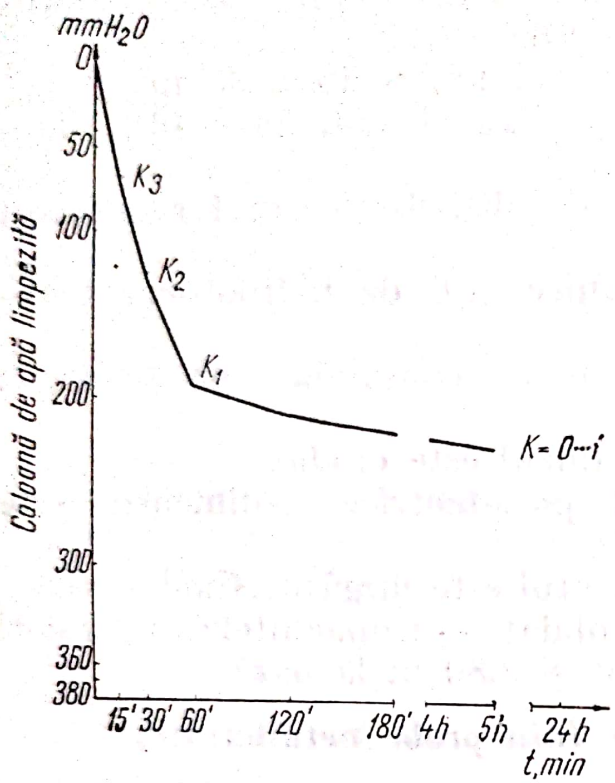


Fig. XI. 18. Curbă de decantare (Deva).

$S_{\text{initial proiect}} = 3$ ha; 4 ha în noiembrie 1973; 5 ha în aprilie 1974

$Q_{\text{proiect}} = 4\,500\,000$ m³; 6 000 000 m³ în aprilie 1974

$\varphi_{\text{taluz proiect}} = 22°$; 21° în aprilie 1974

Tulbureală: $p\text{H} = 7{,}5$

Apa evacuată : $p\text{H} = 7$; suspensii 227 mg/l ; Cu^{+2} — ; Pb^{+2} ; Zn^{2+} ; 0,191 nu se recircuitează şi nu se epuizează chimic. Au apărut exfiltraţii la baza bermelor şi la contactul cu versanţii (3 l/s) ; s-au executat drenuri şi s-au captat exfiltraţiile.

În fig. XI.19, *a*, *b*, *c*, este arătat ansamblul iazului Deva, iar în fig. XI.20 digul din steril — barajul de închidere a Văii Deva.

Analiza probelor medii din tulbureală

Compoziţia granulometrică, în %, W_s, W_m, C_e, şi K_f

Continutul tulburelii	Proba *I*	Proba *II*
Nisip	79	88
Praf	13	8
Argilă	8	4
Umiditatea de saturaţie W_s	24,50	23,50
Umiditatea moleculară W_m	11,18	6,90
Coeficientul de cedare C_e	13,32	16,60
Coeficientul de filtrare $K_f = 3{,}6 \times 10^{-4}$ cm/s	$3{,}6 \times 10^{-4}$ cm/s	$1{,}4 \times 10^{-4}$ cm/s

Scanned with OKEN Scanner

Analiza granulometrică complexă-cernere și sedimentare cu aerometrul Cassagrande (v. curba de sedimentare):

Clasa, mm	%	Clasa, mm	%
0,20	3		
0,20—0,10	4	0,02—0,01	22
0,10—0,05	17	0,01—0,005	11
0,05—0,02	12	<0,005	31

Compoziția mineralogică a rezultat din corelarea observațiilor microscopice cu analiza roentghenostructurală :

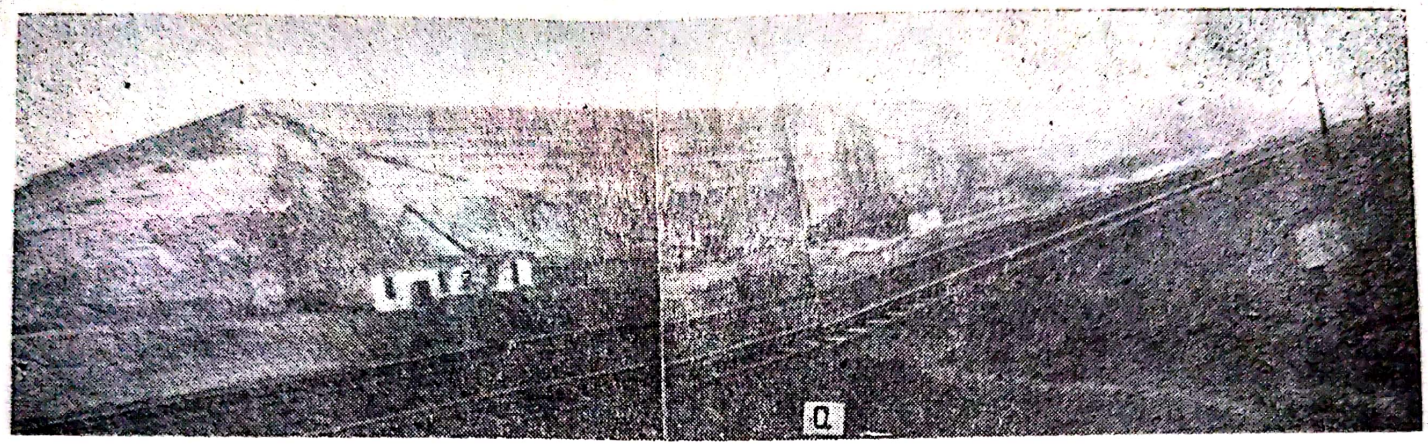
Nr. observației	Mineralul	Formula	%
1	Feldspați	$CaAl_2Si_2O_8 \cdot NaAlSi_3O_8$	40—45
2	Cuarț	SiO_2	
3	Biotit	$K(Hg, Fe)_3 Si_3AlO_{10}OH, F_2$	
4	Sericit	$K_1Al_2(Si, Al)_4O_{10}OH_2 \cdot nH_2O_8$	45—50
5	Amfiboli	$Ca_2Na(Mg, Fe)_4 (AlFe...)(Si, Al)_4 O_{11} 2OH_2$	
6	Clorit	$(Mg, Fe)_5Al\ Al\ Si_3O_{10}\ OH_8$	Subordonat
7	Calcit	$Ca\ CO_3$	1— 2
8	Oxizi de fier	$Fe_2O_3 \cdot Fe\ 3O_4$	1— 2
9	Sulfuri	$Fe\ S_2$	Subordonat

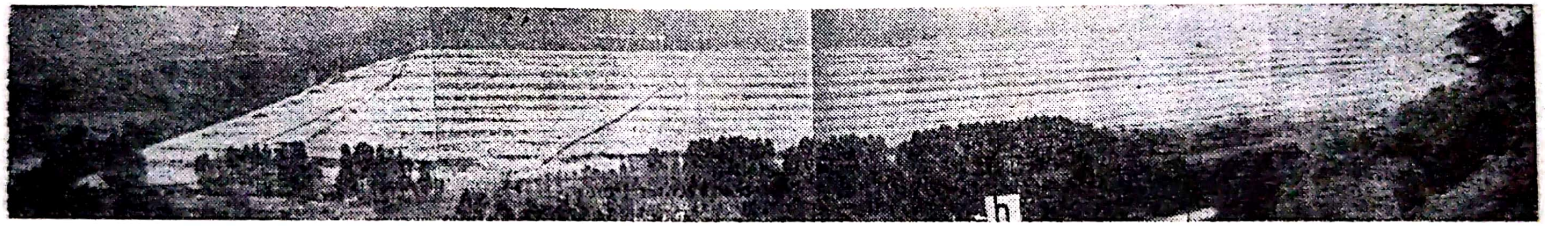
Analiza tulburelii : la intrare în iaz 131 g/l suspensii; 840 ml soluție rămasă de la 1,1 și 1,8 mg/l suspensie din apă limpezită după 24 h.

Analiza apei evacuate (limpezite)

pH	Suspensie, mg/l		Reziduu fix, mg/l		Oxidabilitate mg/l	Alcalinitate $\frac{mval}{l}$	Alcalinitate liberă $\frac{mval}{l}$	Mn, mg/l	Duritate, °H
6,0	657,9		351		3,84	1,5	0,1	0,925	9,078
Ca	Mg	Fe	SO_4	Cl	Pb	Cu	Zn	Na	K
48,18	10,98	Lipsă	54,72	106,36	Lipsă	0,240	0,10	44,00	16,00

Scanned with OKEN Scanner





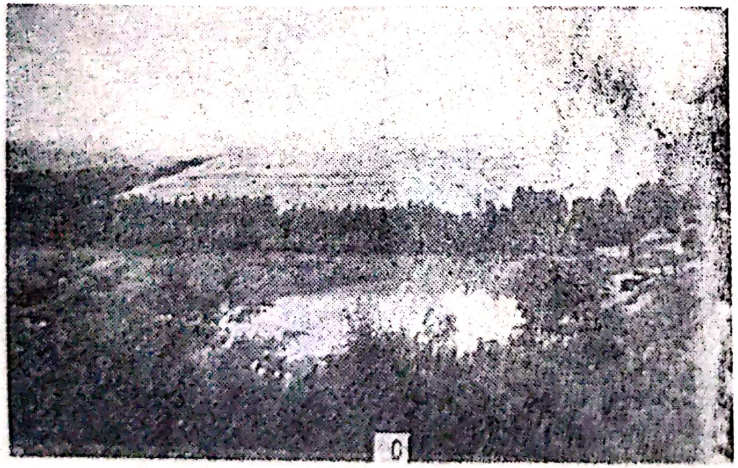


Fig. XI. 19 Iazul Deva :
a — ansamblu (1971) ; *b* — ansamblu (1974) ; *c* — vedere dinspre aval (1974).

Scanned with OKEN Scanner

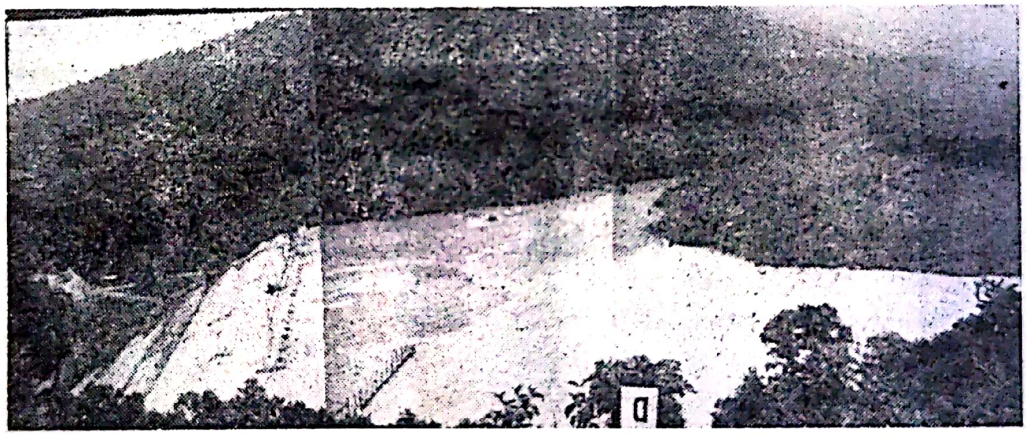
Caracteristicile reologice (tulbureala):

Viscozitatea 28 s (Marsh și sub 5 cP (Stormer), gelația O după 30', colmatarea din 460 cm^3, turta 5 mm; $pH = 6$
Suspensii (steril) 3,2 % (sită 0,06)? 0,42% (sită 0,15)

Concluzii:

1) *Materialul depozitat în partea superioară* (deasupra nivelului hidrostatic) are parametrii fizici și mecanici ai unui sediment pămînt puțin consolidat, iar cel de sub N.H. cu atît mai puțin, fiind în stare fluid vîscos.

2) *Aceasta se datorește modului defectuos de depunere a sterilului*: fracțiuni grosiere către taluz, dar între gurile de deversare (situate la distanțe mai mari sau mai mici și chiar în punctele de deversare a tulburelii, unde se formează gropi conice, se depune și material mai fin. De aici rezultă lipsa totală a unei stratificații și chiar a unei ordini cît de sumare în dispoziția materialului (nu este realizată stratificația încrucișată — în solzi).



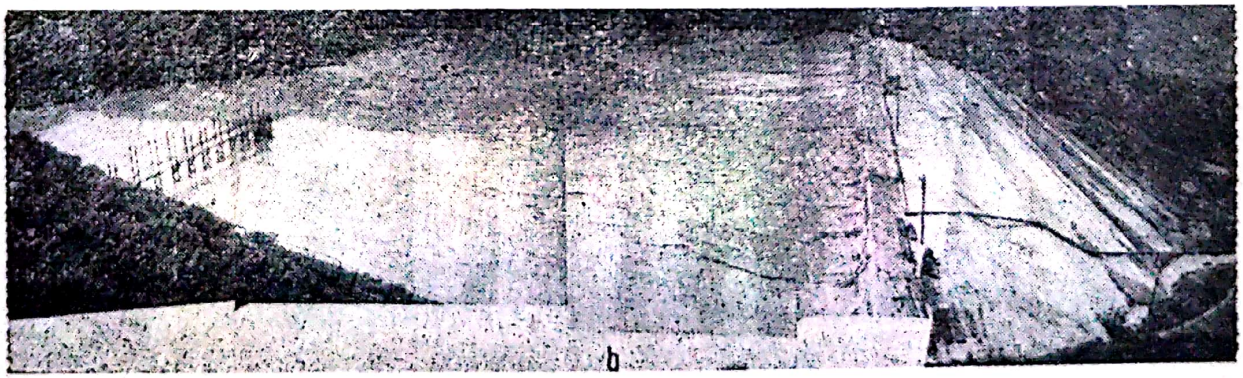


Fig. XI. 20. Digul din steril (barajul) de închidere a văii Deva (1974):
a — vedere de pe versantul stîng; *b* — vedere de pe versantul drept.

Scanned with OKEN Scanner

C. IAZUL DE DECANTARE TELIUC

Steril din minereu de fier :
Capacitatea de depozitare 8 100 000m³ — înălțimea $H_{proiect}$ = 66m
Steril depozitat 1 500 000 m³; H = 48 m la finele anului 1971 — provenit din minereu de fier
Digul de centură în trepte de 4 m înălțime și berme de 1—8 m lățime, cu pante de 17—25° și cu unghi de taluz în general 15° (proiect 20°)
S-au executat 18 foraje hidrogeotehnice și hidroobservație, în total 317,60 m — amplasate transversal și longitudinal pe digul de centură și plajă (pînă la 32,00 m adîncime)
Compoziția mineralogică: cuarț 35% (0,5 — 0,02 mm), carbonați 45% (ankerit + siderit < 0,40 mm); șisturi anulare 5% (0,3—0,02 mm), praf 5% (aleurit < 0,02 mm)

Caracteristici fizico-mecanice :

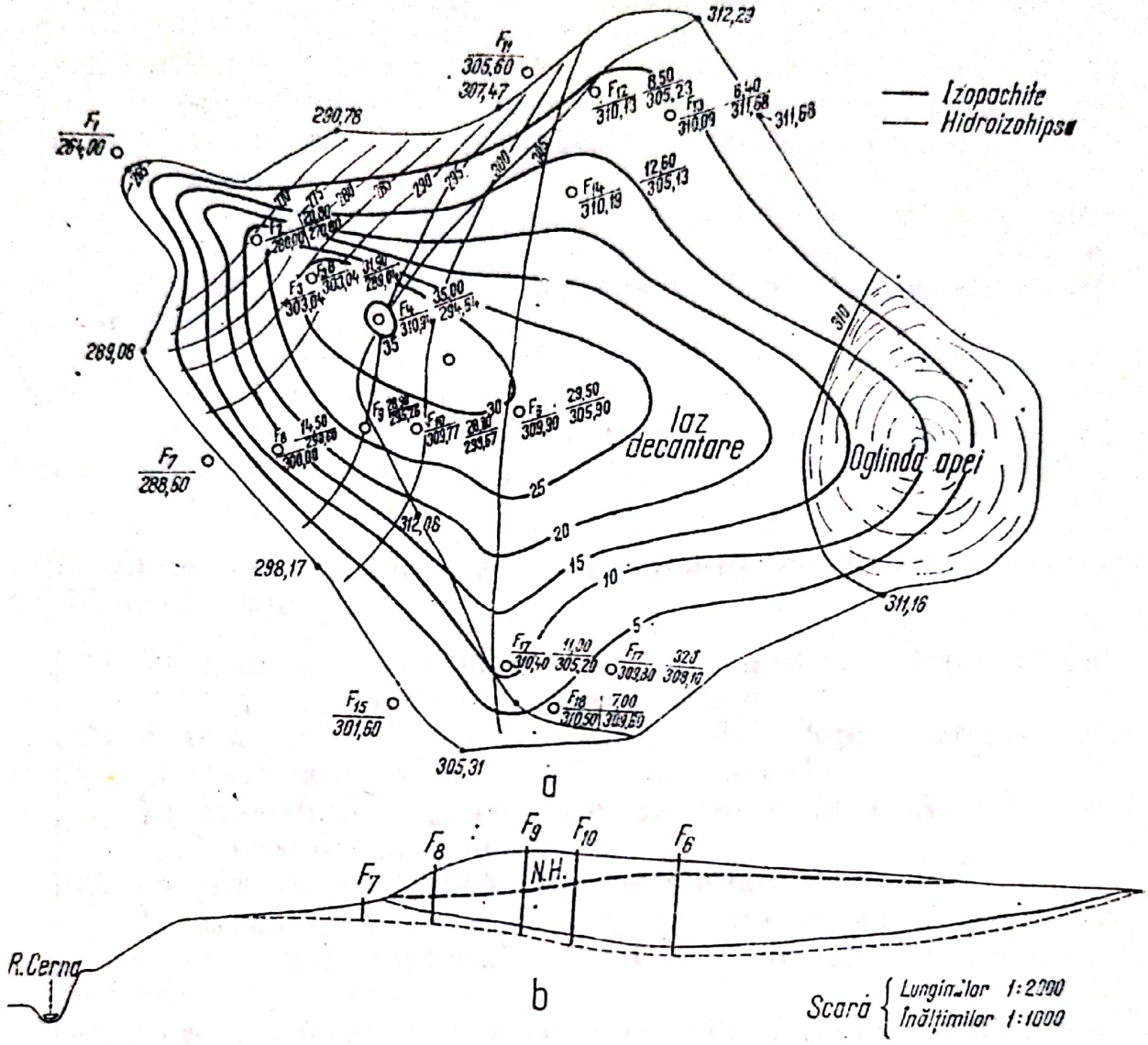
Fracțiunea nisipoasă 60% (media) la nisipurile prăfoase și sub 40% la prafurile nisipoase, fragmentele argiloase 0—3% la nisipurile prăfoase și 8% la prafurile nisipoase
Densitatea sterilului 2,86—3,17 g/cm³, iar densitatea aparentă 1,48—2,18 g/cm³
Porozitatea 50% (media), cu valori minime 40,50% și maxime 55,20%
Indicele de porozitate 0,68—1,23; umiditate naturală 4,20—37,80%, iar umiditatea de saturație 21,80—38,20%; gradul de umiditate 0,11—0,90
Modulul de compresibilitate 91 — 500 kgf/cm² cu media generală 150—225 kgf/cm²
Coeficientul de tasare specifică 14—16 și se încadrează între limita inferioară 11 și maximă 27; unghiul de frecare interioară 24°30' — 38°50' (medie 30 — 33°); coeziunea 0,035 — 0,85 kgf/cm² (în general 0,30 kgf/cm²), corespunzînd terenurilor curgătoare pînă la plastic moi: 0,035—0,85 kgf/cm²

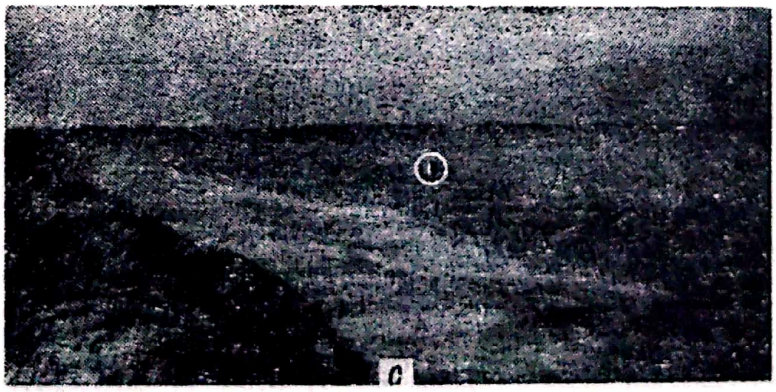
Concluzii :

1) *Procentul de particule fine* (de dimensiunile prafului) crește de la periferia spre interiorul iazului și în adîncime, iar densitatea aparentă crește.

2) *Porozitatea sterilului* 50% în medie, dar granulometria îl face să se comporte diferit față de apa din pori.

Scanned with OKEN Scanner





Planșa XI. 1. Iazul Teliuc :

a — izopachite și hidroizohipse ; *b* — conturul piezometric ; *c* — piezometru montat pe plajă. Înălțarea coronamentului digului cu buldozerul în vederea iernii (1974).

3) În timp ce la un nisip prăfos *gradul de umiditate* este mic, la un steril prăfos gradul de umiditate ajunge la 0,90.

Aceasta arată că în iaz apar zone mai prăfoase care, chiar dacă se găsesc deasupra nivelului hidrostatic, conţin procente importante de apă capilară, pe care nu o cedează în condiţiile normale de temperatură şi presiune.

4) *Prezenţa apei capilare explică valorile mari ale unghiului de frecare interioară şi ale coeziunii*, care, în mod normal ar trebui să fie în jur de 0,10—0,15 kgf/cm², dar determinările de laborator arată în medie 0,30 kgf/cm².

5) Aceste concluzii sînt confirmate şi de *valorile coeficientului de filtrare* (ICEMIN) care în marea majoritate asigură o drenare liberă corespunzătoare a sterilului i.e. un nisip prăfos cu un coeficient de filtrare mai mare ca 0,50 m/zi sau $5{,}82 \times 10^{-4}$ cm/s şi chiar peste 1 m/zi sau $1{,}2 \times 10^{-3}$ cm/s.

Rezultatele se corelează şi cu încercările de penetrare statică INCERC care arată :

1) În general, materialul s-a depus uniform, fapt demonstrat prin corelările dintre sondaje
2) Starea de îndesare a materialului depus variază atît pe verticală, cît şi pe orizontală astfel
3) În suprafaţă, R_{pc} pe care depăşeşte 30 daN/cm², indicînd o stare afînată
4) În profunzime indică zone de îndesare medie
5) În zona mediană a iazului, aproape de oglinda apei R_{pc} sînt reduse, materialul fiind în stare afînată (neconsolidat)
6) Spre periferie şi în special pe taluz R_{pc} cresc mult, indicînd îndesare medie

Nivelul hidrostatic este întîlnit în corpul depozitului la adîncimi între 0,70 şi 17,30m (v. harta cu hidroizohipse) intersecţia suprafeţei piezometrice cu suprafaţa taluzului (din 5 în 5 m : planşa XI.1, *a*,*b*).

Izopachitele — unind punctele de egală grosime ale sterilului pe verticală — reprezentate cu echidistanţe de 5,00 m, curba zero confundîndu-se cu conturul exterior al digului de amorsare şi intersecţiile dintre digul de contur al iazului, plajei de steril şi oglinzii apei cu versanţii.

Grosimea maximă a sterilului apare în dreptul coronamentului digului 35,00 m.

Stabilitatea fundamentului. Relieful fundamentului este în V cu flancuri de 35—45° dreapta şi 5—15° stîng. Patul este domol foarte

Scanned with OKEN Scanner

fisurat și carstificat, acoperit cu argilă cu pietriș mărunt de 1,00—1,02m grosime și concreţiuni calcaroase de 3,00—4,00 m grosime.

Argilele au densitatea de 2,46—2,94 g/cm³ și densitatea aparentă de 1,72—2,05 g/cm³, indicele de plasticitate 26,1—50,5, iar indicele de consistenţă 0,60—1,00. Gradul de umiditate 0,56—0,70 și coeziunea 0,83—1,84 kgf/cm².

Grosimea mică și rezultatele obţinute prin determinări arată că nu pot apare alunecări ale fundamentului.

Stabilitatea digurilor de contur. Iazul s-a obţinut prin închiderea Văii Cărbunelui cu un dig filtrant. La limita nordică apar iviri (izvoare) pe taluzul iazului, care au creat un șanţ de 1,00 m adîncime prin eroziunea taluzului lîngă carieră, iar în momentul exploziilor au loc trepidaţii puternice la contactul dig fundament cînd crește debitul apei ce se infiltrează prin dig. Pe fața externă a taluzului sînt porţiuni umectate, cu crăpături de 2,00—4,00 m lungime din cauza infiltraţiilor din iaz care produc și spălarea materialului.

Pe partea sudică apar porţiuni cu mlaștină și izvoare cu un debit de 3 1/s, creînd ravene de 0,50 m late/ 1,00 m adîncime.

Pe fața taluzului s-au produs eroziuni puternice la intersecţia liniei nivelului hidrostatic, cu taluzul și acestea deși umplute cu blocuri de piatră, avansează în corpul depozitului de steril pe o lăţime de 1,00—3,00 m, lungime 4,00—10,00 m pe înclinarea taluzului și 2,00—4,00 m adîncime, provocînd scufundarea taluzurilor 2,00—4,00 m.

Digul de centură din steril necesită lucrări de stabilizare.

Versanţii sînt stabili.

Recomandări:

1) Faţă de înălţimea mare 50 m și existenţa zonelor de sufozie și înmlăștinare la limita dig-fundament, se recomandă:

— lestarea zonei mediane a iazului cu blocuri de roci coerente, pînă deasupra intersecţiei nivelului suprafeţei piezometrice cu taluzul (pînă la cota 290 m);

— lestarea taluzelor la sud cu blocuri coerente care să asigure stabilizarea taluzului și să permită exfiltrarea apei fără să antreneze particulele de steril din iaz (pînă la cota 305 m);

— executarea unor șanţuri în exteriorul digului de amorsare pentru colectarea și canalizarea apelor de exfiltraţie din iaz.

2) Lestarea umărului nordic al iazului la contactul cu versantul, pentru stăvilirea trepidaţiilor cauzate de exploziile din cariera *III*.

3) Executarea șanţurilor de gardă pe versanţi deasupra incintei iazului.

Scanned with OKEN Scanner

4) Deversarea să se facă cu folosirea labelor de gîscă.

5) Urmărirea variaţiei nivelului piezometric şi a nivelului dinamic în funcţie de frontul de deversare a tulburelii.

6) Se impune crearea imediată a unui nou iaz fiind riscant să se înalţe la 66 m — din cauza înclinării mari a amplasamentului şi a degradărilor taluzului.

D. IAZUL DE LA FLOTAŢIA CENTRALĂ BAIA MARE — DIN COMUNA TĂUŢII DE SUS

Berma (terasa *I*) are 3,00–5,00 m înălţime ; a *II*-a 10,00–15,00 m ; a *III*-a 20,00—25,00 m (fig. XI.21).

Iaz : lungimea 910,00 m ; perimetrul circa 3 km ; $S = 50$ ha ; $H_{proiect} = 25{,}60$ m ; $V = 3\,670\,000$ m³. În anul 1972 : $H = 21{,}00$ m ; $V = 5\,100\,000$ m³ ; zilnic 22 300 t tulbureală, respectiv 4 000 t steril, deci 1 400 000 t/an steril. Se depăşeşte cu 1,20 m/an digul de amorsare ; 1,50 m înălţimea coronamentului. 1 :2,15 panta taluzului exterior şi 1 :1 pentru cel interior ; groapă de împrumut la 15,00 m interior. Taluzul în trepte cu panta de 20° şi 1,00 la 4,00 m înălţime.

Sterilul se prezintă sub forma unui material puţin consolidat, de tipul argilelor, argilelor nisipoase sau prăfoase, prafurilor, prafurilor argiloase, nisipurilor, nisipurilor argiloase şi a nisipurilor prăfoase.

În general, în zona taluzurilor şi coronamentului cu foarte mici excepţii, predomină aspectul nisipos-prăfos. Intercalaţiile mai fine sau mai grosiere sînt de obicei izolate.

Din dreptul coronamentului spre interior materialul devine din ce în ce mai fin, fiind reprezentat prin nisipuri fine, prafuri argiloase sau argile.

Este foarte greu să se facă paralelizări între forjele de pe aceeaşi secţiune, deoarece sedimentarea se realizează cu totul neregulat, fiind în funcţie directă de poziţia gurilor de deversare şi cantitatea materialului deversat într-o anumită perioadă.

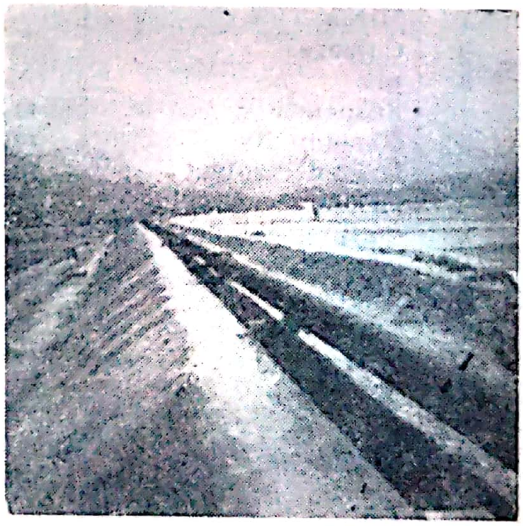


Fig. XI. 21. Iazul — dinspre Baia Sprie — de la flotaţia centrală Baia Mare (1967) cu conducta deversoare pe bermă

Pe plajă, în majoritatea forajelor, s-a întîlnit o alternanță uneori foarte fină (de ordinul centimetrilor) de material nisipos sau prăfos și pelitic. Corelările pe secțiunile litologice au caracteristici interpretative.

Compoziția mineralogică a sterilului: cuarț ≈ 70%; feldspați 10—12%; calcit 5—10%; minerale femice 1—10,4%; sulfuri 1—5% (minerale opace); fragmente de roci și material pelitic care crește cu adîncimea: 20% la 4,00 m; 40% la 10,00 m; 45% la 15,00 m; 50% la 11,00 m.

Fracțiunea prăfoasă este calcit (face efervescență),

Caracteristicile reologice ale tulburelii

Viscozitatea	Gelația, g	Filtrarea din 1 000 cm³	Turta, mm	pH	Reziduuri, % Sita 0,06	Suspensii, % Sita 0,15
Marsh 28 s Stormer < 5cP	0′ 10′ 30′ 0′ 0′ 0′	570/30′	4	6	0,79	0,05

Compoziția chimică a tulburelii și apei limpezite

Nr. crt.	Componentul	Unitatea de măsură, mg/l	Tulbureala	Apa limpezită
1	Miros	—	Miros de reagenți	Slab reagenți
2	Culoare	—	Cenușiu închis	Opalescentă
3	pH	—	7,50	—
4	Suspensii	mg/l	50 503,00	28,20
5	Reziduu fix	mg/l	730,00	648,00
6	Oxigen dizolvat	mg/l	6,60	4,94
7	Reziduu calcinat	mg/l	570,00	484,00
8	Consum chimic total de oxigen	mg/l	2,12	1,48
9	SO_4	mg/l	469,00	436,00
10	Cianură	mg/l	Urme	Urme
11	Fenoli	mg/l	1,11	0,95
12	Xantați	mg/l	Urme	Urme
13	Pb	mg/l	2,70	1,30
14	Cu	mg/l	1,20	0,60
15	Zn	mg/l	1,80	1,20

Caracteristici fizico-mecanice. S-au analizat 349 probe (254 tulburate, 55 netulburate pentru steril și 30 tulburate + 10 netulburate pentru fundament).

Scanned with OKEN Scanner

Granulometria : fracţiune pelitică <0,005 mm, 0—54%; fracţiunea aleuritică 0,005—0,05 mm, 0—59%; fracţiunea nisipoasă 0,05—2,00 mm, 5—100%.

În zona coronamentului alternanţe subţiri de material pelitic, aleuritic şi nisipos; iar spre centru fracţiuni pelitice. În zona plăjii, în treimea inferioară a celor 5 foraje, material pelitic aleuritic (superpozare).

Analize la binocular

Minerale	Nisip fin sub 1 mm la —4,00 m %	Aleuritopelitic sub 0,25 mm, la —10,00 m %	Aleuritopelitic sub 0,30 mm, la —5,00 m %	Aleuritopelitic fin, la —9,00 m %
Cuarţ	70	27	22	31
Feldspat	11	10	12	10
Calcit	10	5	10	5
Minerale femice	5	3	1	1
Minerale opace	4	5	5 (sulfuri)	10 (sulfuri)
Material fin pelitic	20 (Muscovit sporadic)	20	45	50
Fragmente de roci	20	10	5	3

Densitatea : 3,30 g/cm³ (procentaj redus de materiale neferoase); densitatea aparentă 1,70—2,00 g/cm³; n = 34...52%, indică sedimente neconsolidate de tipul nisipurilor; gradul de umiditate 0,42—0,98% (umede şi foarte umede); plasticitatea : I_p=13,00...31,10 numai unde predomină fracţiunea pelitică, iar în rest foarte scăzută (predomină fracţiuni prăfoase nisipoase); indicele de consistenţă I_c = 0,38...0,94 — caracterizează un material moale-vîrtos. *Starea curgătoare sau plastic-curgătoare observată la executarea forajelor este influenţată şi de caracterul tixotropic al materialului evidenţiat de procesele dinamice generate în procesul de forare.*

Coeziunea şi unghiul de frecare interioară definesc starea fizică a materialului. Din 50 probe netulburate (0,07—1,08 kgf/cm²) caracteristice unor depuneri ce curg, moi sau plastic vîrtoase. Unghiul de frecare interioară de 16—40° poate caracteriza depozite nisipoase prăfoase neconsolidate sau slab consolidate. Modulul de compresibilitate de 100—250 kgf/cm² corespunde în general unor roci neconsolidate cu granulometria nisipurilor fine şi nisipuri prăfoase umede sau saturate cu apă.

Scanned with OKEN Scanner

Coeficientul de filtrare și cedare a apei are valori foarte variate : $7{,}56 \times 10^{-6}$ cm/s (cele mai mici) corespunzător zonelor argiloase, iar cele mai mari ($2{,}31 \times 10^{-3}$ cm/s) corespunzător zonelor nisipoase. Valorile predominante $0{,}9 - 9{,}9 \times 10^{-4}$ cm/s ar corespunde în mare nisipurilor prăfoase, prafurilor și nisipurilor argiloase.

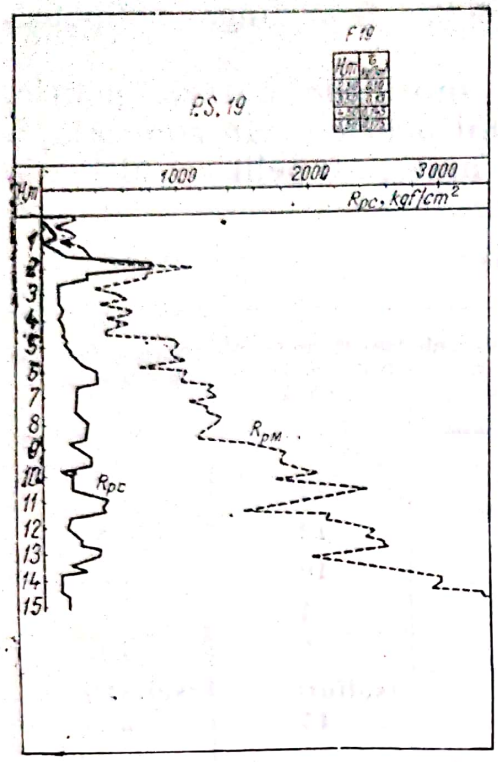


Fig. XI. 22. Iazul flotației centrale Baia Mare. Încercări de penetrare statică și forfecare „in situ" — INCERC (1972)

Capacitatea de cedare care exprimă proprietatea unui depozit de a ceda o cantitate de apă, este și ea în funcție directă de granulometria și natura petrografică a materialului. La argile, valoarea coeficientului de cedare tinde către zero, crescînd treptat pe măsura mărimii diametrului particulelor. În acest caz, valoarea coeficientului de cedare reflectă foarte bine marea varietate granulometrică care a fost interceptată prin lucrările de foraj.

Tixotropia este foarte accentuată mai cu seamă la granulometria mai fină, respectiv la depunerile cu caracter pelitic sau aleuritic. Prin simpla vibrare a probelor de steril, acestea își schimbă consistența din plastic vîrtos spre exemplu, în plastic curgător (fenomen observat la Certej în fotografiile luate la 3 intervale de timp).

Cercetări prin sondaje de penetrare statică și forfecare „in-situ" pe iazul de decantare (INCERC). 25 sondaje de penetrare cu 6 profile și 5 sondaje de forfecare „in situ" cu aparatul cu palete ; argile plastic moale curgătoare $R_{pe} = 2 \cdots 5$ kgf/cm² (rezistențe la penetrare pe con).

Alternînd cu argile, argile prăfoase în stare plastic-moale sau cu nisipuri în stare foarte afînată cu $R_{pe} = 10 \cdots 20$ kgf/cm² și cu materiale avînd $R_{pe} = 20 \cdots 40$ kgf/cm² din prafuri argiloase sau nisipuri afînate. Se întîlnesc și zone de nisipuri de îndesare medie ($R_{pe} = 40 \cdots 120$ kgf/cm², la 5,00, 6,00 și 7,00 m adîncime).

Sondajele de forfecare „in situ" evidențiază în suprafață un strat de argilă plastică. Materialul melitic are $R_{pe} = 2 \cdots 3$ kgf/cm². Rezistența la forfecare $\tau = 0{,}10$ kgf/cm² material plastic-moale. Nisipuri fine nesaturate de îndesare medie cu $R_{pc} > 40$ kgf/cm².

Scanned with OKEN Scanner

Din penetrarea statică şi forfecare „in situ" (v. fig. XI. 22) se desprind:

1) Pe toată adîncimea prospectată s-a semnalat material nisipos, prăfos şi argilos
   În continuare s-a întîlnit o alternanţă de zone argiloase prăfoase, în stare plastic moale, cu rezistenţe de penetrare pe con scăzut (10—20 kgf/cm²) şi zone mai nisipoase, cu îndesare medie, avînd rezistenţe la penetrare pe con cuprinse între 20 şi 40 kgf/cm²
2) La suprafaţă toate forajele au interceptat o zonă în care materialul se află într-o stare de îndesare medie, cu rezistenţe de penetrare care pot depăşi 40 kgf/cm²
3) Sondajele de penetrare statică executată pe treptele inferioare ale taluzului au pus în evidenţă existenţa unor zone cu rezistenţa la penetrare pe con foarte scăzută, indicînd un material plastic moale
4) În unele zone de pe profile rezistenţa la compresiune înregistrează valori foarte scăzute (2—5 kgf/cm²), indicînd existenţa unor depozite cu aspect pelitic în stare plastic curgătoare

Condiţiile hidrogeologice ale iazului. Izvoare pe prima treaptă-taluz; hidroizohipse:

1) Legătură continuă între oglinda apei şi taluz
2) Direcţia de curgere perpendiculară pe dig
3) Viteza de scurgere a apei este variabilă, scăzînd spre taluz
4) În marginea N—E a iazului direcţia de scurgere este modificată probabil de prezenţa unei văiugi în fundament, care modifică sistemul de drenare al apei
5) Contactul suprafeţei libere cu taluzul este pus în evidenţă de numeroase izvoare cu debite reduse (0,01—0,03 l/s) întîlnite deasupra digului de amorsare, pe taluzul primei trepte
6) Drenurile construite în zona digului de amorsare au condus la captarea acestor izvoare, debitul fiind dirijat spre şanţul de contur al iazului
7) Infiltraţii maxime de apă care au deteriorat treptele inferioare ale taluzului s-au semnalat în zona mediană a laturii nordice şi în partea de sud

Scanned with OKEN Scanner

Aprecieri asupra stabilității iazului :

1) *Măsuri de evacuarea locuințelor din zona de influență a iazului*

2) *Amplificarea și extinderea pe bază de studii* : s-au consolidat treptele ; s-au executat cleionaje ca să împiedice eroziunea pe suprafața taluzului ; întreținerea șanțului de contur al iazului care drenează exfiltrarea ; execuție de drenuri experimentale superficiale care să capteze izvoarele de deasupra digului de amorsare

3) *Dependența dintre caracteristicile fizico-mecanice și apă.* Majoritatea masei materialului depus este inundat :
— prezența apei influențează caracteristicile fizico-mecanice și în special consistența și coeziunea care determină în final stabilitatea sedimentului
— un material cu aspect pelitic sau aleuritic îmbibat de apă și cu caracter tixotropic prezintă o coeziune extrem de mică, comportîndu-se ca un sediment plastic curgător. De aceea se consideră că toate zonele cu granulometrie fină, atunci cînd sînt inundate, constituie zone libere care pot afecta stabilitatea iazului

4) *Stabilitatea patului iazului* este asigurată de o pantă mică și de aluviunile din pat

5) *Digul de amorsare* prezintă o stare de consistență destul de scăzută și ar putea ceda. La săparea primului dren s-a interceptat un material plastic curgător care cu greu a fost oprit. Este în contact cu sterilul din iaz (inundat)

6) *Stabilitatea iazului* : se semnalează exfiltrații importante, deplasări mici de material afectînd mai cu seamă treptele inferioare. Panta taluzului de 20° poate fi considerată satisfăcătoare deoarece în condițiile cele mai dezavantajoase pentru masa de steril ($h = 20{,}00$ m, $\varphi_{frecare\ int.} = 15°$; $C = 0{,}15$ kgf/cm²; $\gamma = 1{,}70$ t/m³), conform procedeului W. Fellenius — K.V. Terzaghi taluzul își păstrează stabilitatea pînă la un $\varphi = 26°$

7) *Propuneri* să se execute : sporirea numărului de sonde inverse pentru evacuarea apei, reducînd suprafața oglinzii apei, se coboară N.H. ; drenuri superficiale ; stabilizarea treptelor taluzului prin cleionaje, îmbrăzdare, înierbare ; evitarea lestării treptelor care pot provoca deplasări în masă ; evitarea eroziunilor și trepidațiile (tixotropia) ; șanț colector ; supravegherea taluzului pe timpul precipitațiilor abundente

Scanned with OKEN Scanner

Concluzii S-au pus în evidenţă :

Material nisipos grăunţos pe toată adîncimea

La suprafaţă zona materialului nisipos în stare de îndesare medie, mai cu seamă pe taluz ; pe plajă şi spre centru material nisipos în stare afînată sau argilos prăfos care cedează uşor apa. Forfecarea indică material plastic moale

Alternanţe de strate în stare afînată, foarte afînată sau îndesare medie

Corelarea sondajelor indică o decantare uniformă datorită materialului omogen din punct de vedere al compoziţiei, cît şi al granulometriei

Pe treptele inferioare ale taluzului sonda de penetraţie statică a pus în evidenţă zone cu R_{pc} foarte scăzute, indicînd materialul plastic moale, ceea ce poate fi atribuit şi prezenţei apei în partea inferioară a iazului

E. IAZUL ZLATNA

Panta taluzului maxim 25 — 28° (25° în proiect) nu prezintă ebulmente, crăpături, dar are eroziuni cauzate de precipitaţii şi deversare defectuoasă.

Digul de amorsare şi patul depozitului executate din argile nisipoase impermeabile nu drenează apa din centrul neconsolidat, iar apa liberă este expulzată (sub presiunea înălţimii depozitului) prin taluz la contactul cu digul de amorsare, afectînd stabilitatea prin antrenarea hidrodinamică a materialului.

Variaţia neuniformă pe verticală şi orizontală a materialului (argile prăfoase-nisipoase) este repartizat diferenţiat după greutatea specifică şi diametrul granulelor ; corpul iazului are două stări fizice : fluid-vîscos curgător în proba tulburată, pînă la consolidat (totuşi afînat) în proba netulburată în ştuţ).

Carcasa — centura este consolidată la 1,50 m la bază spre digul de amorsare, pînă la 6,00 m grosime spre coronament ; profil *I—I*.

Sub nivelul hidrostatic (N.H.) sedimentul este fluid vîscos. În spre interior sînt întîlnite lentile de argile prăfoase ; pe profilul N—V — carcasa are 0,80—7,00 m spre interior.

Scanned with OKEN Scanner

Izopachitele orizontului consolidat cresc de la baza digului de amorsare spre coronamentul taluzului și scad spre interior; sub N.H. sedimentul are o slabă compactitate.

Izobatele suprafeței piezometrice Fluctuațiile N.H. la 0,80 m determinate de nivelul ecranului hidraulic

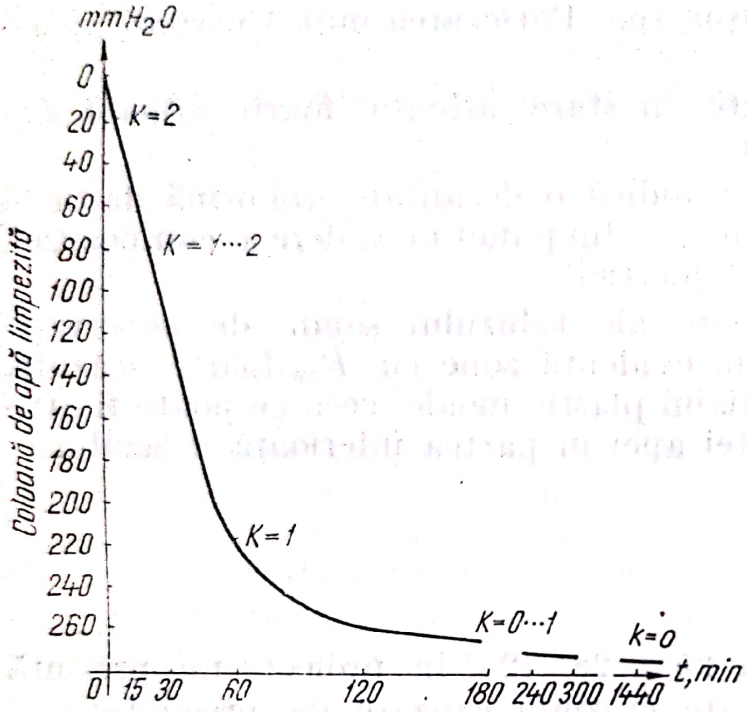


Fig. XI. 23. Curba de decantare — iazul Zlatna.

Rezistența hidraulică are valori mari în zonele cu permeabilitate mică; *coeficientul de filtrare* este variabil în masa sedimentului, avînd 0,12—1,04 m/zi (1,04 m/zi); *procentajul de umiditate* în greutate $W_{sat} = 1{,}40$; $W_{mol} = 4{,}37$; cedarea procentajului în greutate 7,03 (1,45 m/zi); $W_{sat} = 20{,}8\%$; $W_{mol} = 3{,}08$; cedare 17—19%; 0,19 m/zi; $W_{sat} = 23{,}00$; $W_{mol} = 8{,}64$; cedează 14,36%.

Digul de amorsare este impermeabil. Nivelul orizontului acvifer liber intersectează taluzul la contactul cu coronamentul digului de amorsare.

Din proba medie de tulbureală rezultă la intrarea în iaz:

Suspensie umedă	122,0000	g
Suspensii uscată	70,7319	g
Soluție rămasă de la filtrare	8,90	cm^3
Suspensie după 24 h	9,80	m/gl
*p*H	5,50—6,00	

În fig. XI. 23 este reprezentată curba de decantare a tulburelii.

Apa evacuată din laz

Nr. crt.	Parametrul	Unitatea de măsură	Valoare	Nr. crt.	Parametrul	Unitatea de măsură	Valoare
1	*p*H	—	6,00	10	Fe	—	Lipsă
2	Suspensie	mg/l	4428,30	11	Cl	mg/l	14,18
3	Reziduu fix	mg/l	640,00	12	Oxidabilitate	mg/l	2,16
4	Aciditate totală	mval/l	95,00	13	SO_4	mg/l	385,237
5	Alcalinitate totală	mval/l	2,50	14	Na	mg/l	15,00
6	Duritate	°H	23,66	15	K	mg/l	13,00
7	Ca	mg/l	14,98	16	Pb	mg/l	0,019
8	Mg	mg/l	13,57	17	Cu	mg/l	0,025
9	Mn	mg/l	4,62	18	Zn	mg/l	0,016

Compoziţia mineralogică a sterilului din tulbureală la Zlatna

Nr. crt.	Mineralul	Formula	Clasa, mm	%
1	Cuarţ	SiO_2	<0,05	44—45
2	Feldspat	K, $Na(AlSi_3O_8)$		Sub 5—10
3	Minerale argiloase	$AlSi_4O_{10}OH_8$		25
4	Sericit	$KAl_2\ AlSi_3O_{10}OH_2$		3— 4
5	Clorit	$Fe_4AlSi_3AlO_{10}\ OH_6 \cdot nH_2O$		
6	Pirită	FeS_2		10—15
7	Magnetit	Fe_3O_4		10—15
8	Calcopirită	$CuFeS_2$		1— 2
9	Limonit	$Fe_2O_3nH_2O$		1
10	Calcit	$CaCO_3$		1

Obţinute din corelarea analizelor: microscopice, raze X, T.D, areometru Casagrande.

Granulometria

Clasa, mm	%	Clasa, mm	%
0,20—0,10	4	0,02—0,01	23
0,10—0,05	5	0,01—0,005	20
0,05—0,02	13	Sub[1] 0,005	35

[1] Minerale argiloase şi sericitul.

Scanned with OKEN Scanner

Caracteristicile reologice ale tulburelii

Viscozitatea	Gelația, g	Filtrarea din 500 cm³	Turta, mm	pH	Reziduuri, % Sita 0,06	Suspensii, % Sita 0,15
Marsh 28 s	0′ 10′ 30′	495 cm³/30′	5	6	1,26	0,145
Stormer < 5cP	0′ 0′ 0′					

În taluz predomină nisipul mediu și fin, avînd caracter slab prăfos (fluid-vîscos); în adîncime și spre centru predomină argila, nisipul scăzînd sub 60% Variație neconformă pe verticală și pe orizontală; $\gamma_v = 1{,}43 \cdots 2{,}32$ (afectată de magnetit și limonit); $n = 28{,}30 \cdots 51{,}30\%$ (în funcție de compactare și compoziția granulometrică); umiditatea naturală este 11,80—38,40% (mai mică deasupra N.H.) $W = 0{,}18 \cdots 1{,}00$ (saturat sub N.H.); $\varphi_{frec\ int} = 35 \cdot 40°$; $c = 0{,}00 \cdots 0{,}70$ kgf/cm²; $\varphi = 31 \cdots 37°$, în stare uscată și $\varphi = 21 \cdots 28°$, în stare umedă; $I_c = 0{,}28 \cdots 0{,}70$, caracterizează material m oale-consistent.

În fig. XI.24 se prezintă vederea de ansamblu a iazului.

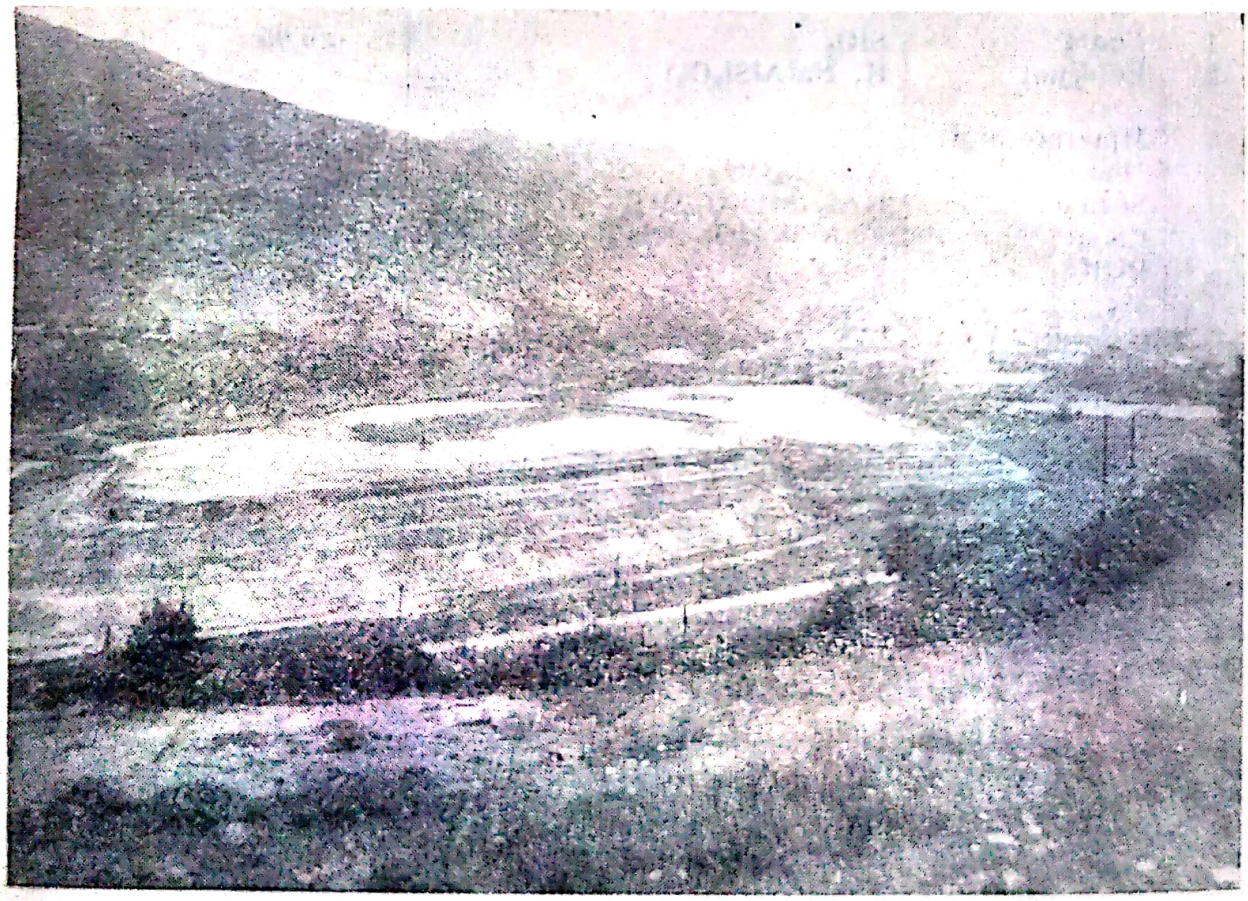


Fig. XI.24. Iazul Zlatna-ansamblu (1973).

Scanned with OKEN Scanner

Concluzii :

Exfiltraţii pe tot conturul iazului deasupra digului de amorsare. Eroziunea taluzului, cu antrenare de material în două zone ; consolidată deasupra N.H. şi fluid-vîscoasă dedesubtul N.H. Apa de constituţie şi de cristalizare = legată chimic ; apa hidroscopică şi de hidratare = legată fizic şi apa liberă = mediul de dispersie (predomină). În circulaţia descendentă dintre oglinda apei şi nivelul digului de amorsare, apa are căi preferenţiale de acces, corespunzînd zonelor cu permeabilitate mai ridicată.

O variaţie neregulată a sedimentului şi a proprietăţilor face imposibilă stabilirea unor probe de calcul al stabilităţii depozitului.

Se recomandă : plombarea taluzului, evitarea antrenării materialului ; lestarea cu material grosier pe 1,00 m grosime a centurii taluzului pentru facilitarea exfiltraţiei — cu reţinerea nisipului ; şanţ colector în jurul depozitului şi scurgerea în rîu ; înierbare ; etanşarea aducţiunii.

F. IAZURILE DE LA I.M. BAIA DE ARIEŞ

Debitul maxim 1% posibil al rîului Arieş în dreptul iazului nr. 5 — Brăzeşti $q = 1\,516$ m³/s şi 1 506 m³/s la Sărtaş — iazul nr. 4.

Nivelul apei creşte cu 8,00 m deasupra talvegului, iazul este cu 3,00 m deasupra talvegului, deci este supus eroziunii pe 5,00 m înălţime la viituri catastrofale (Brăzeşti).

Nivelul la viituri catastrofale este 5,00 m deasupra talvegului, iar înălţimea digului 3,00—rămîn 2,00 m înălţime pe care taluzul este supus eroziunii la viitura catastrofală. (Sărtaş).

Q_{max} măsurat la Baia de Arieş este 600 m³/s, iar creşterea nivelului este 4,00 m.

Iazul nr. 5 Brăzeşti : 1 km lungime cu două compartimente la contact o diferenţă de nivel de 3,50 m (fig. XI. 25 *a*, *b*, *c*).

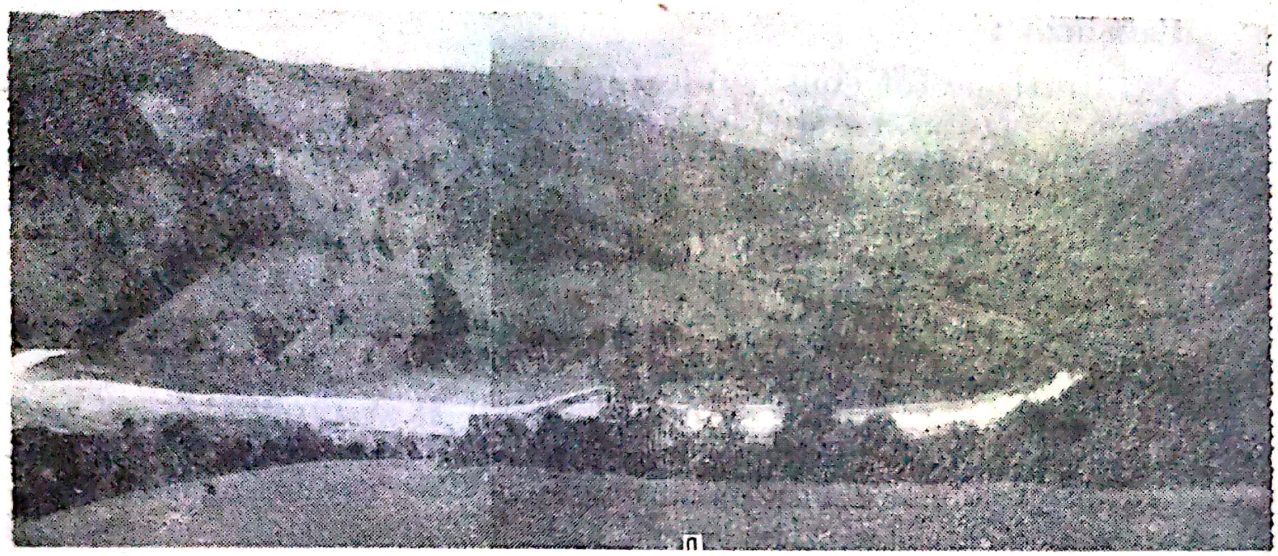
Compoziţia mineralogică : 65% minerale argiloase foarte fine şi calcit ; 30% cuarţ transparent ; 5% opace — galenă, pirită şi sulfuri.

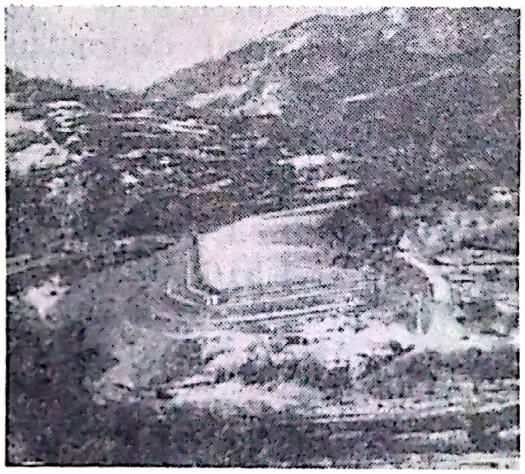
Compoziţia chimică a tulburelii, în g/l ; Mn — 0,49 ; Al_2O_3 — 1,41 ; S — 1,72 ; SiO_2 — 56,42 ; As — 0,16 ; Fe — 9,75 ; CaO — 1,03 ; Cu —0,05 ; Pb — 0,06 ; Zn — 0,45 ; Sb — 0,08 ; Mg — 0,18 ;Au 1,10 mg/l; Ag—12,30mg/l.

Analiza chimică a apei limpezite, în mg/1, indică : suspensii 60,70 ; CN — 37,58 ; Cr O_7K_2 — 111,60 ; Cd — 236,52 ; Mg — 2,42 ; reziduu fix — 1 251 ; SO_4 — 704,49 ; Zn — 13,80 ; Pb — urme ; Fe — lipsă ; Cl liber — lipsă, cloruri — 102,83.

Apa trece prin staţia de tratare a apei care alimentează localităţile.

Scanned with OKEN Scanner





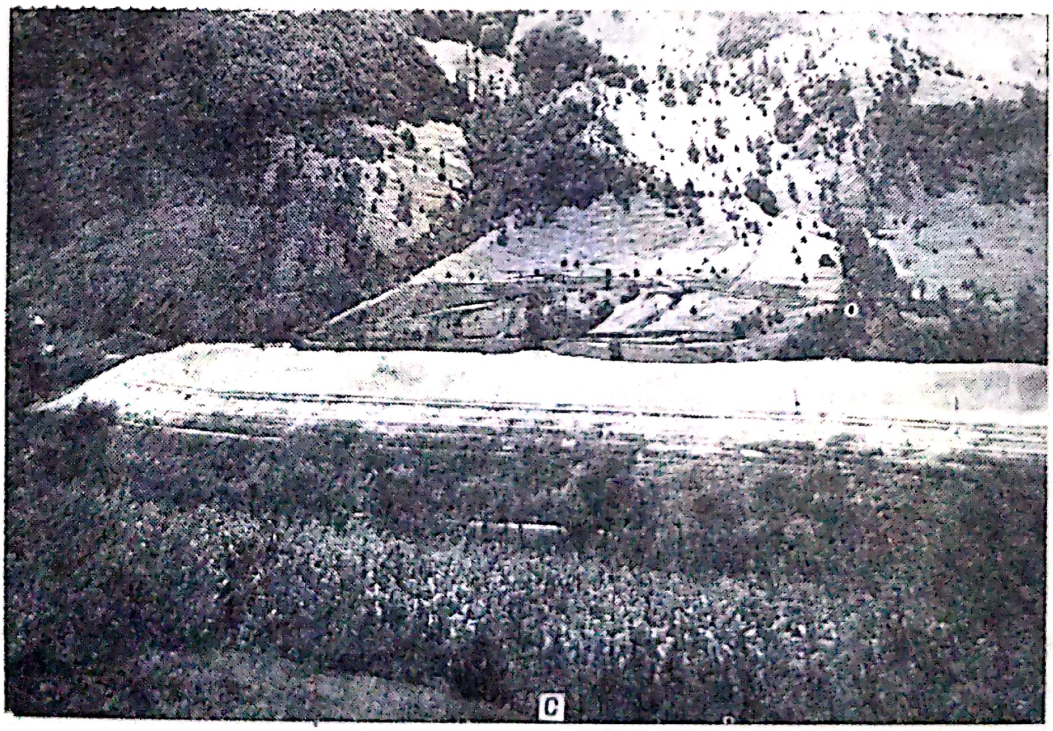


Fig. XI. 25. Iazul Brăzești (Baia de Arieș-decantorul 5—1973) :
a — ansamblu ; *b* — amonte ; *c* — aval.

Scanned with OKEN Scanner

Caracteristicile fizico-mecanice:

1) *Fracțiunea materialului*: pelitic <0,005 mm —0—58%; aleuritică 0,005—0,05 mm 0—71%; nisipoasă 0,05—2 mm 0—100%; nisipuri prăfoase 37%; argile prăfoase 20%; nisipuri argiloase 14%; prafuri nisipoase argiloase 10%; prafuri argiloase 8%; argile, argile nisipoase, prafuri și nisipuri 11%. Forajele de pe plajă și parțial coronamentul au interceptat în treimea de la bază sediment argilos — prăfos (în zona de decantare a suspensiilor fine)
2) *Densitatea rocilor* argiloase 2,85 t/m³ (minereuri neferoase)
3) *Plasticitatea* este foarte mare deoarece domină fracțiunea pelitică. $I_p = 31{,}82...68{,}20$
4) *Consistența* este plastic curgătoare, în probe tulburate
5) *Coeficientul de filtrare* (ICEMIN) este $1{,}19 \times 10^{-4}$ cm/s și $5{,}81 \times 10^{-3}$ cm/s, caracterizînd un sediment nisipos, nisipos prăfos și chiar prăfos argilos
6) *Valorile capacității de cedare* (0,105—1,47 m/zi) sînt corespunzătoare sedimentului de mai înainte
7) *Tixotropia* este foarte accentuată mai cu seamă la granulația foarte fină

Condițiile hidrogeologice: există exfiltrații deasupra digului de amorsare; curba piezometrică interceptează taluzul deasupra digului de amorsare; valoarea medie a nivelului piezometric este 2,26 — 11,27 m; se asigură o comunicare continuă între oglinda apei și taluz-exfiltrații 0,10 l/s; direcția curgerii este perpendiculară pe taluz; viteza scade de la oglinda apei spre taluz; sînt deplasări la baza taluzului.

Stabilitatea iazului nr. 5. Versantul prezintă alunecări; digul de amorsare avînd consistență scăzută a fost bordat cu zid de protecție; taluzul se corectează aducîndu-l la panta de 22° și înierbare. Trepidațiile basculantelor pe versant au favorizat ruperea taluzului pe 10,00 m lungime (lichefiere).

Stabilitatea iazului nr. 4. Decantorul nefuncționînd apare ca stabil.

Recomandări pentru iazurile nr. 4 și nr.5 : 1) lărgirea plajei pentru coborîrea N.H. și asigurarea unei zone consistente spre taluz;

Scanned with OKEN Scanner

2) corectarea și înierbarea taluzului și *evitarea vibrațiilor*; 3) omogenizarea văiugilor ca la viituri să protejeze iazul acționînd ca distrugătoare de energie; 4) drenarea apelor marginale. În fig. XI. 26 este arătat ansamblul decantorului nr. 4 Baia de Arieș.

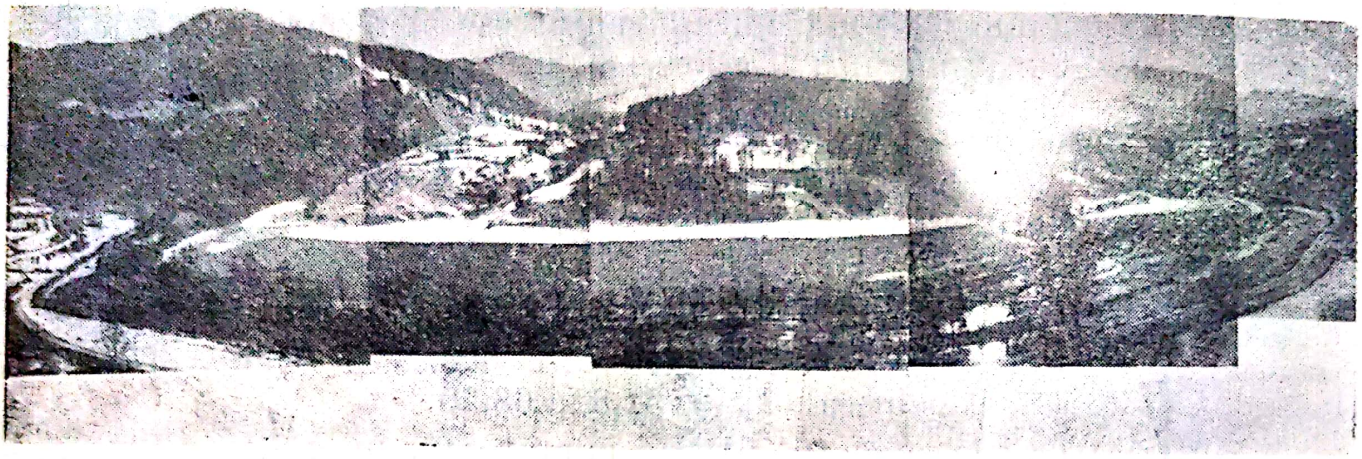


Fig. XI. 26. Iazul Baia de Arieș (decantorul *4* — 1973).

G. IAZUL GURA ROȘIE (fig. XI.27)

Debitul $q_{Abrudel} = 877$ m³/s, nivelul peste taluz 5,00 m; digul de amorsare 3,00 m; rezultă expunerea taluzului pe 2,00 m panta taluzului în trepte are 40 — 45°, iar patul compus din nisip cu pietrișuri are 5,00 m grosime; sedimentul la margine este compus din nisip mare, fin, nisipuri prăfoase și nisipuri argiloase, iar spre centru din argile prăfoase.

Analiza tulburelii și apei limpezite, în mg/l

Nr. crt.	Componentul	Tulbureala	Apa limpezită	
			Evacuată	Conform STAS
1	*p*H	5,50	5,50—6,00	6,50—9,00
2	Suspensii	34 093,00	**44,00**	—
3	Reziduu fix	378,00	276,00	1 200,00
4	SO_4	155,60	166,30	400,00
5	Mg	19,40	27,80	200,00
6	Ca	7,90	5,90	300,00
7	Fe total	1,39	Lipsă	1,00
8	Mn	7,95	0,36	0,80
9	Pb	0,04	0,11	0,10
10	Cu	0,17	0,14	3,00
11	Zn	0,21	1,06	0,10
12	Cl_2	10,70	7,09	400,00
13	Fenoli	1,00	**0,75**	**0,10**
14	Xantați	Lipsă	Lipsă	Lipsă

Scanned with OKEN Scanner

Densitatea 2,60—2,69 g/cm³; sedimentul nisip prăfos se comportă ca o rocă neplastică sau cu plasticitatea redusă; intercalațiile argiloase au plasticitate medie 10,90—19,10 (argile nisipoase — prăfoase); consistența sub N.H. în stare curgătoare sau plastic curgătoare; tixotropia este mai puțin pronunțată la materialul pelitic sau

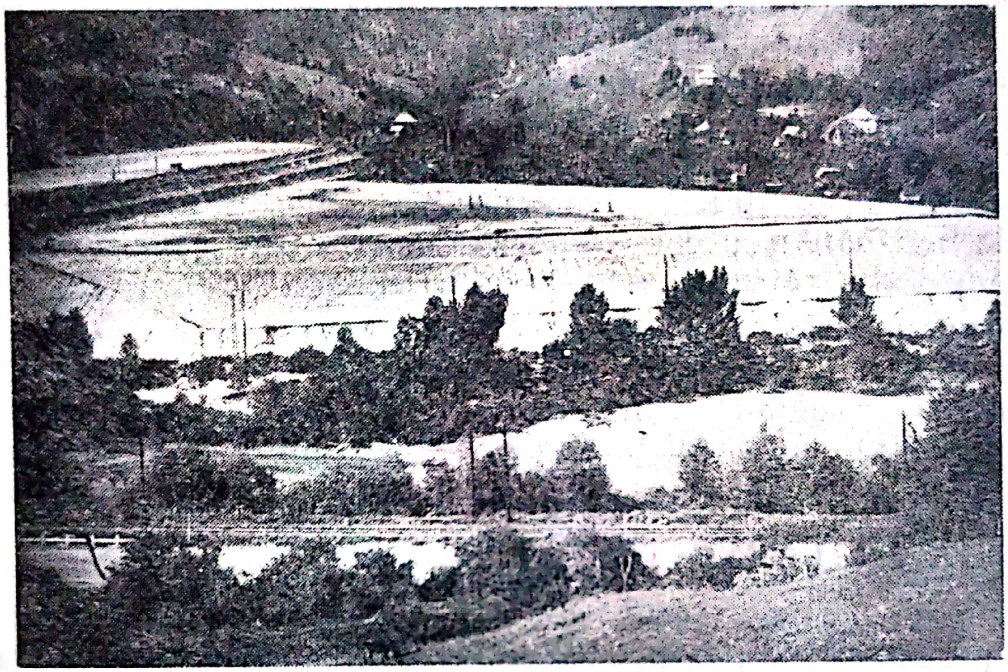


Fig. XI. 27. Iazul Gura Roșie (Roșia Montană — 1973).

Analiza apei Abrudelului

Parametrul	Suspensii, g/l	Reziduu total, g/l	Culoarea	pH
Apa Abrudelului 100 m amonte de iaz	0,002—0,206	36,064—44,912	Tulbure	6
Apa evacuată din iaz	0,009—0,307	0,388— 1,822	Limpede, slab opalescentă	—
Apa Abrudelului 100 m aval de iaz	0,008—0,222	0,125— 0,688	Idem	6

Decantarea solidului și a substanțelor chimice este în limitele standardelor în vigoare.

aleuritic; $K_{iaz\ vechi}$=0,143···1,00 m/zi; $K_{iaz\ nou}$=0,104···1,00 m/zi; deci în rocă slab permeabilă circulația apei în sediment este redusă (se constată la baza taluzului); datorită porozității foarte mari n = 45,60 ··· 51,00%, sedimentul are densitate aparentă mică 1,395 — 1,920 t/m³ (se încadrează în roci ușoare sau semigrele); umiditate 0,65 — 0,86 (sub nivelul hidrostatic saturat = 1);

$\varphi = 20°30' \cdots 36°30'$; $c = 0{,}12 \cdots 0{,}71$ kgf/cm²; modulul de compresibilitate 125 — 330 kgf/cm²; fundamentul este compus din nisipuri și pietrișuri aluvionare.

Condiții hidrogeologice: N.H 0; 0; 10,20; 12,10; 10,70; 11,80; 8,17; 9,00 m; există legătură continuă între oglinda apei și taluz; scurgere radială; debitul izvoarelor în taluz 0,10 l/s numai la iazul nou.

Stabilitate: digul de amorsare la iazul vechi, stabil; cel de la iazul nou este filtrant — perfect stabil; taluzul ($\varphi = 40...45°$) este înălțat în trepte pe înălțime, stabil; este expus eroziunii la viiturile rîului Dăroaia; în anul 1971 s-a produs o mică ruptură în taluz în zona de îngemănare a celor două compartimente care a fost remediată imediat; versanții sînt stabili.

Recomandări: diguri de protecție contra avarierii de apele Abrudelului și pîrîului Dăroaiei; plaja să se mențină la 40,00 m lățime; amenajarea văiugilor; conservarea vegetației arborescente de pe versanți; șanț de gardă; urmărirea nivelului piezometric.

H. IAZUL CAPNIC (fig. XI. 28, *a*, *b*)

Suprafața $S = 7$ ha; din capacitatea proiectată de 1 700 000 m³ s-au depozitat 1 360 000 m³; $H_{proiect} = 28{,}00$ m; $H_{real} = 30{,}00$ m; funcționează din anul 1965; are șanț de gardă; $\varphi_{taluz} = 14...16°$; are două

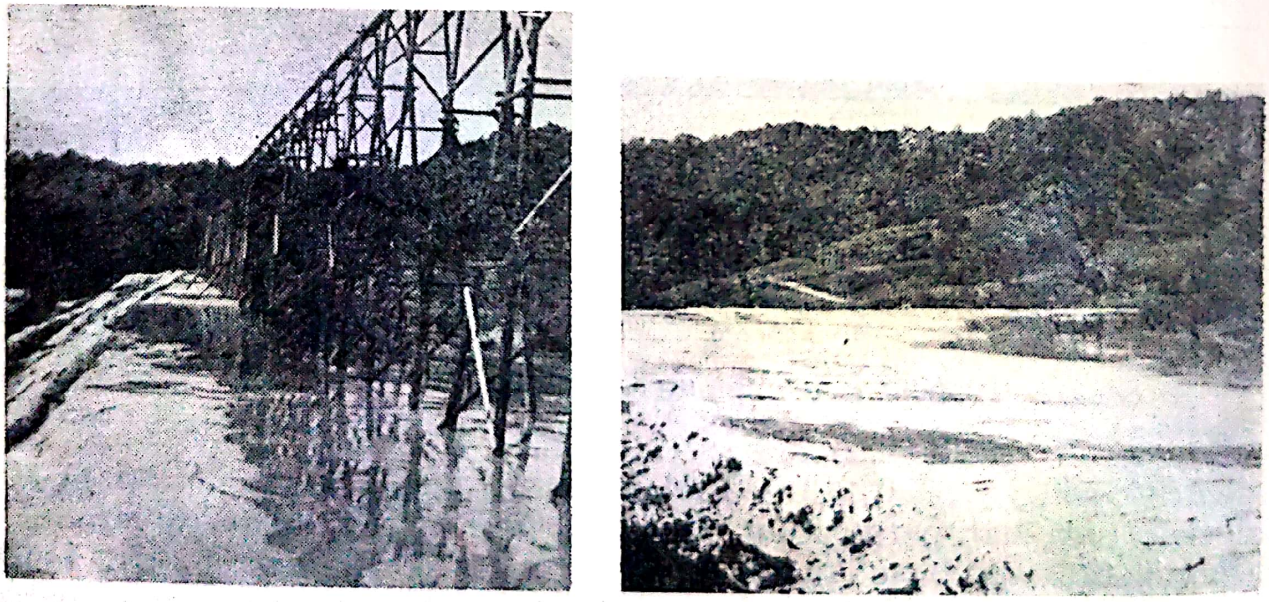


Fig. XI.28. Iazul Capnic (1967):
a — estacadă cu conductă deversoare; *b* — plaja și sonda inversă

Scanned with OKEN Scanner

sonde inverse; taluzul înierbat numai în zona de extindere are $\varphi = 12\cdots17°$; treptele sînt avariate; iar taluzul crestat de crevase și crăpături adînci de șiroirea apelor și de linia de flexură continuă la îngemănarea celor două compartimente; pe taluzul părții din aval băltesc ape datorite nivelului piezometric în corpul din amonte; zidurile de sprijin de la bază prezintă rupturi; exfiltrații pe taluz; patul este din pietriș cu nisip în liant argilos și argilă nisipoasă.

S-a considerat saturat sedimentul de sub curba *N.H.* și nesaturat cel de deasupra. În probele netulburate sedimentul nesaturat este consolidat, dar în alte zone unde nu are loc această suprapunere, acest lucru s-ar datora fenomenului capilarității, zona saturată ridicîndu-se deasupra *N. H.* fixat schematic în studiu.

Determinări în laboratorul IPROMIN: au predominat probele tulburate; curbele granulometrice indică: nisip 0—100%; praf 5—64%; argilă 0—55%.

Din considerarea ponderei procentuale a cantităților de fracțiuni granulometrice se învederează că în depozitul de steril pămînturile se grupează în: nisipuri prăfoase, care predomină; nisipuri, în principal, după care urmează — în jumătatea inferioară a profilelor sau intercalate în masa de nisipuri prăfoase, argilă prăfoasă și argilă nisipoasă; prafuri argiloase nisipoase; prafuri argiloase. $I_p = 10\cdots23$ caracterizează prafurile și nisipurile prăfoase și argilele prăfoase (la argilele de la bază $I_p = 70$); $W = 8\cdots22\%$; $S = 0{,}24\cdots1{,}00$ (de la cvasiuscate la saturate); $W_s = 19{,}50\cdots30{,}70\%$; $n = 34\cdots45\%$; $\gamma = 1{,}60\cdots1{,}90$ t/m^3; $\varepsilon = 0{,}53\cdots0{,}82$; $D = 0{,}48\cdots1{,}00$ corespunzător caracteristicilor de îndesare a nisipurilor; $W_p = 24{,}10$; $W_c = 87{,}5$ $E_{2-3} = 82\cdots264$ kgf/cm^2; $ep_2 = 0{,}92\cdots3{,}51$ cm/m. Panta taluzului natural al materialului nisipos s-a așezat la probele după scurgere — la $20°30'\cdots29°$, iar la probele inundate la $21—29°$; $c = 0{,}05\cdots0{,}26$ kgf/cm^2; rezistența la forfecare $= 27\cdots32°$.

Granulometria

Clasa, mm	%	Clasa, mm	%
0,05	5		
0,05—0,02	7	0,01—0,005	21
0,02—0,01	27	Sub 0,005	40

În fig. XI.29 este reprezentată curba de decantare.

Compoziţia mineralogică

Nr. crt.	Mineralul	Formula	%
1	Cuarţ	SiO_2	45
2	Minerale argiloase (caolinit)	$Al_4 Si_4 O_{10} OH_8$	30—35
3	Feldspat	$KNa(Al\ Si_3 O_8)$	3— 4
4	Clorit	$Mg_5Al\ (Al\ Si_3\ O_{10})\ (OH_8)$	1— 2
5	Mică	$(HF)_4\ K_2\ (AlSi_3)_6\ Si_6\ O_{24}$	1— 2
6	Calcit	$CaCO_3$	5
7	Rodocrozit	$Mn\ C\ O_3$	5—10
8	Pirită	$Fe\ S_2$	2— 3
9	Limonit	$Fe_2 O_3 \cdot nH_2O$	Sub
10	Galenă	$Pb\ S$	Sub
11	Blendă	$Zn\ S$	Urme

La microscop : 85—90%; mineralele $\leqslant$ 0,02 mm

Adîncimea, m		Granulometria, mm			K	
		Nisip	Praf	Argilă	cm/s	m/zi
F_9	2	82	13	5	$8{,}61 \cdot 10^{-4}$	0,745
	4	79	14	7	$3{,}72 \cdot 10^{-4}$	0,322
	8	52	39	9	$9{,}90 \cdot 10^{-5}$	0,086
	12	78	15	7	$1{,}60 \cdot 10^{-4}$	0,138
F_1	4	89	6	5	$1{,}45 \cdot 10^{-3}$	1,253
F_{11}	4	89	6	5	$9{,}92 \cdot 10^{-4}$	0,856
	6	91	5	4	$3{,}14 \cdot 10^{-4}$	0,272
	8	75	20	5	$2{,}66 \cdot 10^{-4}$	0,230
	16	63	25	12	$3{,}68 \cdot 10^{-6}$	0,0032

Apa limpezită (ICEMIN) la ieşirea din iaz, indică :

Parametrul	Unitatea de măsură	Valoarea	Observaţii
*p*H	—	6,00	Corespunde prescripţiilor STAS cu excepţia *p*H-ului şi a conţinutului : Zn = 5,20 mg/l faţă de 0,01—0,1 mg/l admisibil
Suspensii	mg/l	22,70	
Reziduu fix	mg/l	286,00	
Alcalinitatea liberă	m val/l	0,10	
Alcalinitatea totală	m val/l	0,50	Se recomandă tratarea cu var, ceea ce creează condiţii pentru reducerea Zn
Duritate	°H	10,26°	
Calciu	mg/l	63,90	
Fe	—	Lipsă	Tulbureala la intrare are :
Mn	—	Lipsă	*p*H = 6,5
Cl	mg/l	5,32	suspensie umedă 173,1825 g/l
SO_4	mg/l	176,122	suspensie uscată 108,9235 g/l
Oxidabilitate	mg/l	7,56	soluţie 798 ml/l
Na	mg/l	44,00	suspensie în apa limpezită la 24 h ;
K	mg/l	2,10	286 mg/l (v. curba de decantare)
Pb	mg/l	0,014	60% fracţiuni $\leqslant$0,02 mm, iar 40%
Cu	mg/l	0,07	$\leqslant$0,005 mm material coloidal
Zn	mg/l	5,20	

Scanned with OKEN Scanner

Condiţiile hidrogeologice se caracterizează prin prezenţa în corpul iazului a unui orizont acvifer cu nivel liber alimentat din lacul permanent pe faţa depozitului — oglinda apei.

În anumite perioade se deversează şi apă limpede, pe lîngă tulbureală, cauzînd un aflux permanent de apă în taluz spre zonele inferioare de drenaj. Din cauza extinderii ecranului hidrostatic pe întreaga plajă, suprafaţa piezometrică are un nivel foarte ridicat în taluzuri, fiind în mare paralelă cu acestea, la o adîncime redusă. La aceasta contribuie şi permeabilitatea mai ridicată (faţă de alte iazuri similare) a materialului din iaz. Astfel, $K = 0{,}05 \cdots 1{,}30$ m/zi, cu valori mai frecvente 0,10—0,20 m/zi. Se remarcă o corespondenţă limitată între valorile K şi repartiţia granulometrică procentuală : $K > 0{,}50$ m/zi la 80% nisip şi $K > 1{,}00$ m/zi la 90% nisip. Dar la procente sub 80% variaţia permeabilităţii nu mai rezultă în mod evident din procentajul granulometric.

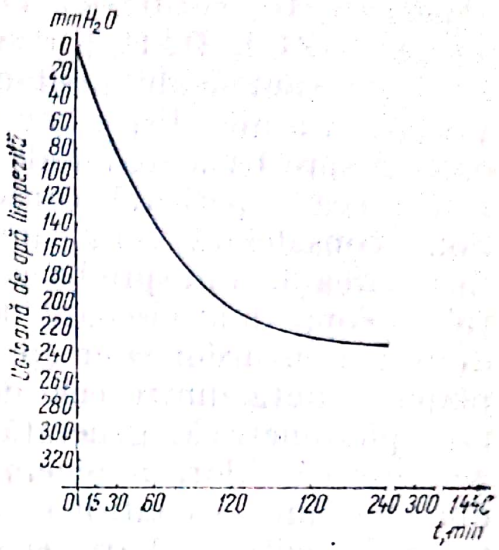


Fig. XI. 29. Curba de decantare a tulburelii-Capnic.

Datorită factorilor arătaţi, exfiltraţiile prin taluzuri sînt foarte frecvente şi active la baza taluzurilor şi chiar mai sus, creînd cravaşe şi caverne prin antrenarea materialului fin.

Concluzii : Iaz de coastă ; $H = 21{,}00$ m ; $V_{real} = 1\,360\,000$ m³ ; $\alpha_{taluz} = 17°$ — în două etape ; pat pe aluviunile grosiere ale Capnicului în parte argiloase ; ziduri de sprijin.

În taluzuri predomină nisipuri cu permeabilitate mai ridicată şi ca urmare panta suprafeţei piezometrice este mai mică şi în general paralelă cu a taluzului sub care se găseşte la o adîncime redusă. Datorită acestui fapt exfiltraţiile sînt destul de active, în general spre baza taluzului, care a cauzat (împreună cu precipitaţiile) eroziuni de dimensiuni importante. Trebuia scos din funcţiune la începutul anului 1972 ; stare nesatisfăcătoare din cauza exfiltraţiilor.

Recomandări : 1) scoaterea din funcţiune ; 2) plombarea cavernelor ; 3) nivelarea taluzurilor ; 4) lestarea de la bază la coronament cu material grosier — strat 0,50 m grosime — a zonei de flexură, pe o lăţime de 5,00 m (zona periclitată) ; 5) înierbarea şi plantarea cu puieţi a taluzurilor ; 6) repararea şi întreţinerea zidurilor de sprijin de la baza taluzurilor ; 7) supraînălţarea zidului de sprijin cu circa 1,00 m

Scanned with OKEN Scanner

pentru stăvilirea revărsării materialului scurs de pe taluzuri; 8) refacerea și întreținerea șanțului de gardă dinspre versant; 9) supravegherea iazului în timpul precipitațiilor abundente și a topirii zăpezilor; 10) verificarea periodică a stării iazului.

I. IAZUL BĂIUȚ (fig. XI.30)

În corpul iazului predomină nisipurile medii și fine și subordonat prafuri și argile dispersate în masa psamitică către partea superioară și spre bază materiale fine (prafuri și argile). Se disting două zone: cea superioară consolidată și cea inferioară fluid-vîscoasă. Zona consolidată constituită în general din nisipuri, are grosimi între circa 3,00 m spre baza taluzului și 11,00 m dreptul coronamentului. Zona fluid-vîscoasă ocupă partea inferioară a depozitului, în dreptul taluzurilor și crește ca grosime, cuprinzînd tot iazul în zona plajei. Limita dintre cele două zone corespunde în mare cu suprafața piezometrică, generată de nivelurile apei subterane. Variația acestora cu valori în general sub 1,00 m — în timp ce iazul era scos din funcțiune — confirmă existența unui drenaj extrem de slab prin talpa depozitului. Variația nivelelor se poate datora atît unor slabe precipitații, cît și unor vicii de măsurare. Depunerea sterilului în iaz a fost determinată de modul de depunere prin mutarea frecventă a deversărilor în numeroase puncte, în general periferice pentru a da posibilitatea decantării materialului solid în drumul pînă la sonda inversă. Acest mod de depunere rezultă din constituția predominant prăfoasă argiloasă a centrului iazului și spre versant.

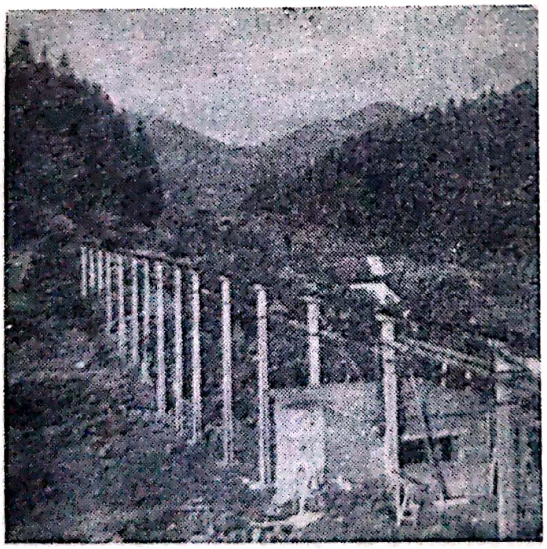


Fig. XI. 30. Iazul Băiuț — conducta de tulbureală (1962).

Caracteristici fizico-mecanice. În orizontul consolidat, $W = 15 \cdots 25\%$ și mai mic spre suprafață, datorită evaporației; gradul de umiditate corespunzător acestuia este $S = 0{,}50 \cdots$ $\cdots 1{,}00$, mai frecvent $0{,}70 \cdots 0{,}80$; $W_s = 25 \cdots 42\%$; $n = 39 \cdots 49\%$; $I_p = 13 \cdots 20$ (material fin prăfos — argilos); $W_p = 10{,}00 \cdots 16{,}60$; $W_p = 21{,}70 \cdots 31{,}80$.

Greutatea volumetrică și porozitatea variază în limite largi, fără o lege anumită de variație. Astfel, se întîlnesc greutăți și porozități cu valori asemănătoare, la adîncimi diferite, presiunea sub care se completează neconstituind un factor determinant; probabil aceasta se datorește compoziției mineralogice și prezenței apei, al cărei *N.H.* a avut fluctuații mari.

Scanned with OKEN Scanner

Compresibilitate $E_{23}=125\cdots250$ kgf/cm²; $I_p=16\cdots25$; unghiul de frecare interioară la suprafață este $33-40°$; $c=0{,}38$ kgf/cm²; $\varphi_{taluz\ nat}=31\cdots33\%$ în stare uscată și $\varphi_{taluz\ nat}=24\cdots28°$ în stare inundată; coeficientul de compresibilitate și tasarea specifică cu variații largi care nu depind de adîncime; $D=0{,}83\cdots0{,}91$; capacitatea de îndesare este $0{,}29-0{,}60$; unghiul de rezistență la tăiere $6\cdots24°$, excepțional $44°$; $c=0{,}00\cdots0{,}88$.

Granulometrie

Nr. crt.	%			K, m/zi
	Nisip	Praf	Argilă	
1	75	20	5	0,25
2	88	9	3	0,53
3	90	9	1	0,63

Pentru evitarea lucrărilor de drenare se iau în considerație numai valorile de 85% nisip. Chiar la K mici al materialului are loc un drenaj oarecare prin suprafața de contact cu terasa. Desigur, gradul de îndesare al materialului modifică permeabilitatea însă această caracteristică nu are variații importante în corpul iazului.

Proporția între fracțiunile praf și argilă se menține în toate probele în favoarea celei dintîi.

Încercarea de a găsi unele legități în modul de variație a proprietăților fizico-mecanice în corpul iazului nu și-a găsit o rezolvare, ele fiind cu totul întîmplătoare. În general, aceste proprietăți au valori ce caracterizează materialul ca pe un pămînt cu însușiri geomecanice slabe și foarte slabe.

Variația mare și întîmplătoare a caracteristicilor fizico-mecanice își găsește explicația pe de o parte în diversitatea granulometrică și mineralogică, iar pe de altă parte în circulația și distribuția apei în corpul iazului. Datorită variației litologice se poate admite că în corpul iazului există zone cu permeabilitate diferită.

În consecință, în circulația ei descendentă, datorită gradientului hidraulic ridicat, între oglinda lacului de pe plajă și baza de drenaj, apa are căi preferențiale de acces corespunzînd zonelor cu permeabilitate mai mare. În acest sens, suprafața piezometrică (figurată în planșa respectivă) reprezintă o generalizare posibil de interpretat grafic, în realitate ea fiind mult mai complicată, putînd avea diferențe de cota apreciabile, în puncte apropiate pe aceeași paralelă și chiar discontinuități.

Scanned with OKEN Scanner

Pe de altă parte, constituţia granulometrică determină diverse înălţimi de ascensiune capilară, care la rîndul lor condiţionează umiditatea materialului şi starea de îndesare (se ştie că într-un pămînt nesaturat presiunea apei din pori fiind negativă se adaugă la valoarea efortului normal sporindu-i îndesarea faţă de acelaşi pămînt saturat).

Compoziţia mineralogică. Prin corelarea observaţiilor microscopice cu datele metodelor fizice, roentghenografice şi termice s-a stabilit compoziţia mineralogică a probei de steril din tulbureală

Nr. crt.	Mineralul	%	Nr. crt.	Clasa, mm	%
1	Cuarţ	40,45	1	> 0,10	—
2	Feldspat	35,00—40,00	2	0,10—0,05	2
3	Caolinit	2,00—10,00	3	0,05—0,02	6
4	Sericit	—	4	0,02—0,01	21
5	Clorit	5,00	5	0,01—0,005	25
6	Pirită	—	6	Sub 0,005	46
7	Calcopirită	—	—	—	—
8	Carbonaţi	1,00— 2,00	—	—	—
9	Hidroxizi de fier	2,00— 4,00	—	—	—

În probă predomină 75—80% cuarţul, feldspaţii şi caoliniul (acesta se prezintă ca particule foarte fine sub 10 μ; pirita şi calcopirita în particule fine de 10—20μ (majoritatea).

În apa limpezită din iaz s-au determinat : 1) pH = 6,50···8,50 corespunzător STAS : 2) suspensii corespunzătoare apei cat. II, la o diluţie de 20—50 sau unei ape cat. I la o diluţie de 50—150; 3) reziduu fix corespunzător cat. II; 4) din punct de vedere al ionilor de calciu dizolvaţi, apa corespunde cat. I; 5) idem, pentru ionii de magneziu dizolvaţi în apă; 6) ionii de sulfaţi dizolvaţi depăşesc limitele STAS-ului; 7) ionii de clor şi plumb se încadrează în cat.I; 8) oxigenul cons, oxidabilitate depăşeşte mult limita cat. III; 9) ionii de zinc depăşesc limita cat. III.

Deci numai ionii de sulfat şi zinc şi oxidabilitatea depăşesc limitele STAS-ului pentru cat. III.

Adăugînd la cele de mai înainte diversitatea de minerale care alcătuiesc materialul cu capacităţi de absorbţie şi adsorbţie diferite, generînd uneori fenomene de tixotropie, variaţia întîmplătoare a caracteristicilor fizico-mecanice este absolut firească. În consecinţă, sistematizarea morfologiei interioare a iazului în scopul încadrării sale în normele cunoscute privind calculul stabilităţii masivelor de pămînt şi al unor scheme de drenaj eficiente nu este posibilă.

Scanned with OKEN Scanner

Coeficienţii de filtrare sînt în general mici şi foarte mici. Deoarece unele lucrări de drenaj nu ar putea fi luate în consideraţie decît în zonele unde nisipul predomină puternic (peste 85%), iar aceasta se limitează în general la partea superioară a depozitului, deasupra *N.H.*, rezultă că ele sînt lipsite de scop.

Observaţie. Factorul principal în aprecierea stabilităţii iazului şi a posibilităţii folosirii lui în continuare prin supraînălţare este eficienţa drenajului care permite consolidarea unei zone cît mai mari din iaz şi în special a taluzului pe o grosime importantă. Din cele arătate rezultă că iazul examinat nu îndeplineşte această cerinţă, partea consolidată fiind destul de redusă în raport cu necesităţile. Partea fluid-vîscoasă care nu poate fi stabilă prin ea însăşi, ocupă nu numai centrul iazului, dar şi în zona taluzurilor se extinde pînă la circa 3,00 m de suprafaţa (periferia) acestora. Situaţia dată determină comportarea fizico-mecanică a materialului din iaz caracterizată ca slabă şi foarte slabă pe întreaga suprafaţă cercetată.

În consecinţă se consideră că iazul Băiuţ nu poate fi supraînălţat cu toate că suprafaţa lui de sedimentare creşte ca urmare a diferenţei dintre panta iazului (aceasta fiind mai mare) şi panta versantului.

Supraînălţarea, în condiţiile ridicării nivelului hidrodinamic în interiorul iazului, ar conduce la sporirea gradului de nesiguranţă în ceea ce priveşte stabilitatea lui şi ţinînd seama de umărul mare de locuinţe din aval, acest lucru trebuie evitat. În condiţiile actuale iazul se găseşte într-un proces lent de consolidare şi nu necesită măsuri cu caracter constructiv sau geologo-tehnic pentru menţinerea stabilităţii.

În cadrul acţiunii de conservare a depozitului şi a prevenirii efectelor poluării atmosferei pentru zonele învecinate, se recomandă acoperirea taluzurilor şi suprafeţei acestora — pe măsura uscării şi consolidării cu plante specifice pentru înierbare, aceasta şi în vederea redării în timp circuitului agricol.

Studiul INCERC. Încercările „in situ" prezintă acelaşi aspect general al oricărui material în iaz. Pe diagrama de rezistenţă la penetrare pe con se constată în general valori mai mari, în partea superioară a sondajului scăzînd spre zero către partea inferioară, ceea ce concordă cu starea fizică a sterilului depus. Rezistenţa pe manta creşte cu adîncimea, datorită presiunii laterale foarte mari ce o exercită materialul, mai cu seamă la *N.H.* Rezistenţa forfecării cu aparatul „Vane test" (scizometru) a fost redată sub forma unor curbe asemănătoare cu 0,10—0,20 kgf/cm², ajungînd la 0,40 kgf/cm². Indicele de consistenţă calculat de IPROMIN după aceste diagrame

Scanned with OKEN Scanner

este $I=0{,}15\cdots0{,}30$. Nu s-a putut stabili o legătură de variaţie a lui pe zone sau adîncime. Încercările de forfecare s-au oprit la 8,00 m adîncime din cauza aparaturii.

Rezistenţa la penetrare s-a determinat cu penetrometrul static hidraulic INCERC, iar rezistenţa la tăiere (forfecare) cu aparatul cu palete „Vane test" tip INCERC.

Punctul 1. În zona mediană a plăjii, la 8,50 m adîncime, forfecare „in situ" indică material foarte moale $\tau_u=0{,}1$ kgf/cm² şi $I_c<0{,}25$ Pe plajă, între 0,80 şi 5,40 m adîncime-$R_{pc}=1\cdots2$ kgf/cm², iar frecările pe manta 250 kgf/cm², indicînd materiale argiloase în stare curgătoare neconsolidate; între 5,40 şi 7,00 m, $R_{pc}=20$ kgf/cm² — indicînd material nisipos afînat. Sub 7,00 m atît R_{pc}, cît şi frecările laterale scad indicînd materiale argiloase neconsolidate.

Forfecarea „in situ" pînă la 6,00 m indică zone moi ($\tau_u=0{,}15$ kgf/cm²) cu consistenţă plastic moale, iar între 6,00 şi 8,00 m $\tau_u=0{,}40$ kgf/cm², caracter mai nisipos.

Pe alte puncte $R_{pc}=20\cdots80$ kgf/cm² indicînd alternanţe de nisipuri în stare îndesată ($R_{pc}=40\cdots80$ kgf/cm²) şi a unor strate de nisipuri argiloase sau argile. Fac excepţie stratul îngheţat de la suprafaţă care are $R_{pc}=160$ kgf/cm².

Între 12,00 şi 14,80 m, $R_{pc}=5$ kgf/cm². Pînă la 8,00 m $\tau_u=0{,}10\cdots0{,}15$ kgf/cm². Sub 8,00 m, $0{,}15<\tau<0{,}56$. Între 4,00—8,00 m, $R_{pc}=40\cdots160$ kgf/cm², iar forfecarea pe manta pînă la 2 200 kgf/m²

Concluzii: 1) se deduce o depunere fără sortare diferenţiată; 2) lăţimea zonei nisipoase nu este uniformă nici pe orizontală şi nici pe verticală, fiind în funcţie de compoziţia granulometrică; 3) ca o consecinţă a modului de executare a iazului, prin reducerea treptată a suprafeţei acestuia (taluzare) rezultă o superpoziţie a materialului nisipos pe materialul argilos depus anterior, care datorită stării scăzute de consistenţă, precum şi a sarcinii ce o suportă, poate provoca „spargerea crustei" nisipoase în zonele de minimă grosime ale acestora, care în general se întîlnesc spre baza iazului de decantare.

J. IAZUL ROVINA—GURA BARZA (fig. XI.31)

Amplasat pe o terasă orizontală uşor înclinată pe direcţia curgerii Crişului Alb. Iazul de coastă, are trei compartimente: $S_{comp\ central}=17{,}50$ ha (din anul 1964); $S_{comp\ amonte}=3{,}30$ ha; $S_{comp\ aval}=1{,}20$ ha. Era necesar să mărească suprafaţa de decantare. Capacitatea de prelucrare s-a mărit de la 1 000 t/zi în anul 1963, la 2 500 t/zi.

Scanned with OKEN Scanner

Proiectat pentru 7 100 000 m³ la $H = 32{,}00$ m, are în prezent 32,00 m; $V = 5\ 200\ 000$ m³; $H_{aval} = 26{,}00$ m; $H_{amonte} = 16{,}50$ m; $V_{aval} = 480\ 000$ m³; $V_{amonte} = 419\ 000$ m³; $\varphi_{max\ taluz\ dig} = 20°$; nu prezintă fenomene de alunecare, ebulmente, crăpături sau elemente care să afecteze stabilitatea digurilor; compartimentul amonte a fost scos din funcțiune și s-a umplut cu steril de mină în lunile martie-iulie 1972. Încercările „in situ" (forfecare); nisip fin și mediu (50—55%) în corpul depozitului; (se macină minereul la o granulometrie sub 0,074 mm); material prăfos-argilos, constituit din praf, argile, argile nisipoase, nisipuri-argiloase, nisipuri prăfoase etc. se întîlnesc rar sub formă de orizonturi oarecum individualizate, iar procentajul variază pe verticală și orizontală în tot corpul iazului

Fig. XI.31. Iazul Rovina — Gura Barza (Brad) — ansamblu (1974).

datorită modului de depunere; compoziția mineralogică variază de la o etapă de exploatare la alta; la baza taluzului sedimentele consolidate au grosimi de 3,00—5,00 m și cresc la 16,00; 21,00; și 24,00 m la coronament în apropierea oglinzii materialului fluid-vîscos este neconsolidat, dar cu oarecare compactitate (strînge coloana cu diametrul 8 5/8") sub N.H.

Condițiile hidrogeologice ale iazului. Apa de hidratare este reținută de suprafața particulei de argilă cu forțe mult mai mici. Datorită unor factori externi care influențează mărimea potențialului electrocinetic (tulbureala deversată în iaz conține săruri solubile care reduc gradul de hidratare) particulele argiloase își pierd stratul de apă de hidratare, aderă între ele, formîndu-se agregate mari care se depun datorită forțelor gravitaționale (fenomenul de coagulare hidrofobă; tulbureala se separă în cele două faze componente; steril și apă).

Scanned with OKEN Scanner

Planul cu izobatele suprafeței piezometrice și izopachitele sedimentului consolidat (de deasupra acestei suprafețe) din doi în doi metri descresc din nou spre interiorul iazului, folosind *N.H.* întîlnit în foraje (izobatele suprafeței piezometrice din cinci în cinci metri în funcție de *N.H.* (v. planșa X.16); se constată o legătură continuă între oglinda apei și orizontul acvifer din digurile de centură, fluctuațiile *N.H.* se datoresc apei din iaz; direcțiile de scurgere sînt aproximativ perpendiculare pe digurile de centură pe taluz. După direcția pantei de curgere se apreciază că viteza de curgere este variabilă scăzînd de la oglinda apei spre baza taluzului; *N.H.* nu intersectează taluzul — o parte din apă, deversată accidental peste taluz, este drenată de șanțul colector existent, dar cea din iaz se infiltrează în terasa Crișului care îndeplinește funcția de dren natural.

Compoziția mineralogică și granulometrică a sterilului din tulbureală (corelare la microscop cu X și CTD)

Nr. crt.	Mineralul	%	Nr. crt.	Clasa, mm	%
1	Cuarț	40—45	1	> 0,20	3
2	Feldspat	5—10	2	0,20—0,10	13
3	Hidromice	30—35	3	0,10—0,05	10
4	Caolinit		4	0,05—0,02	12
5	Clorit	4— 6	5	0,02—0,01	15
6	Calcit	8—10	6	0,01—0,005	12
7	Dolomit		7	Sub 0,005	35
8	Sulfuri	2	—	—	—
9	Limonit	1— 2	—	—	—

Corpul taluzului este constituit în majoritate din nisip fin și mediu și subordonat din materiale prăfoase argiloase și predomină cuarțul cu particule de 0,01—0,20 mm, 40—45% și materialele argiloase (hidromice și caolinit) 30—35%, ce apar ca particule libere cu dimensiuni sub 5μ, parte în asociație cu feldspați.

Tulbureala se comportă ca lichid nenewtonian, un mediu discontinuu cu o structură formată din rețele, micele coloidale, particule micro și macroscopice. Materialele argiloase dispersate măresc greutatea specifică a apei facilitînd transportul nisipului în suspensie pînă la deversarea în iaz; lăsate în pauză, lichidele nenewtoniene își manifestă proprietățile tixotropice, adică gelifică. Particulele de argilă dispersate în apă sînt formate din foițe rupte în bucăți de dimensiuni foarte mici. La ciocnirea particulelor argiloase, ruperea stratului de apă (apa de hidratare) din jurul particulelor, face posi-

Scanned with OKEN Scanner

bilă alipirea acestora (ajutată și de valențele electrice nesatisfăcute care caracterizează aceste margini rupte). Pe de altă parte, foițele plane ale particulelor rămîn îndepărtate, ele neputînd veni în contact din cauza grosimii mari a stratului de apă și a forțelor de respingere ale cationilor pe aceste suprafețe. Se formează astfel o structură celulară în găurile căreia este închisă apa liberă care constituie mediul de dispersie și chiar unele particule de argilă care se depun.

În concluzie se poate spune că proprietatea tixotropică (de a gelifica) a mediilor disperse, împiedică sedimentarea completă în interiorul iazului, materialul rămînînd o perioadă de timp îndelungată în stare fluid-vîscoasă. Apa evacuată (pH = 5,5) necesită tratarea; suspensiile de 150—500 mg/l corespund cat. III de ape; reziduu fix tot cat. III; ionii de calciu, magneziu și clor dizolvați corespund cat. I de ape; ionii de mangan corespund cat. II de ape; ionii de plumb, zinc, cupru și oxigen consumat corespund cat. I de ape.

Granulometrie: nisip 14—100%; praf 1—100%; argilă 1—60%. Nisipul fin și mediu predomină în păturile superioare ale depozitului, 80—90% și chiar 100% ocazional scăzînd cu adîncimea; în păturile inferioare, predomină materialele prăfoase-argiloase dar nu formează orizonturi și nu au continuiatea în depozit; variația neuniformă a celor 3 fracțiuni (nisip-praf-argilă) — dispunere haotică — în interior fracțiuni foarte fine de praf argilos, fluid-vîscos; γ_w=1,43···2,09g/cm³ cu volume similare la diferite adîncimi; presiunea la care se compactează materialul neconstituind un factor determinant în această privință, aceasta datorită probabil compoziției mineralogice și prezenței apei; n = 32,80···54,10% (adîncimea neinfluențînd valoarea porozității); aceasta indică depuneri neconsolidate; W=15···45% în orizontul consolidat; S=0,50···1,00 — materialul sub $N.H.$ este saturat cu apă; $\varphi_{frac\ int}$=20···47°; c=0,00···0,80 kg/cm²; nisipurile în stare uscată au $\varphi_{taluz\ nat}$ = 30..38°, iar în stare inundată $\psi_{taluz\ nat}$ = 24···28°; coeficientul de compresibilitate și tasarea specifică au valori de 10,20 — 90,00 respectiv 30,60 — — 167,00 mm/m, variind în limite largi și nu sînt influențate de adîncimea la care au fost calculate; I_c=0,29···0,69, caracterizînd material moale consistent (consistența materialului este influențată de natura mineralogică, compoziția granulometrică și mai ales de umiditatea lui); K_{max} = 4,10 m/zi în probele cu 90% nisip; odată cu reducerea procentajului de nisip la 28%, K = 0,038 m/zi; K_{min} corespunde unor argile nisipoase prăfoase și unor nisipuri prăfoase care formează o parte din sedimentul taluzului; valorile lui K sînt influențate de granulometrie, natura materialului și starea de îndesare.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru lucrări de drenare nu pot fi considerate decît materiale cu peste 80% nisip;

Coeficientul de filtrare

Adîncimea, m	Granulometria, %			K, m/zi
	Nisip	Argilă	Praf	
3	84	8	8	1,400
5	80	10	10	0,200
11	72	12	16	0,101
19	54	22	24	0,051
23	62	18	20	0,039
27	28	14	52	0,038

În procesul de filtrare intervine terasa patului (din aluviuni). Încercările cu „Vane Borer" pe diguri nu au dat rezultate; paletele au avansat greu, datorită durității materialului, efectuîndu-se 4 citiri ale momentului de torsiune, care nu sînt concludente.

Concluzii: 31 foraje cu diametrul de 8 5/8″ și 4″ din care 16 cu tuburi piezometrice; s-au recoltat 312 probe din care 167 netulburate (în ștuțuri); $\varphi_{taluz\ depozit\ max} \approx 20°$; alunecări pe povîrniș. În corp nisipuri fine și medii și subordonat din materii prăfoase și argiloase dispersate neuniform în masa nisipului în păturile superioare ale digului, crescînd procentual către bază și spre interiorul iazului.

Există două zone: una consolidată deasupra și sub *N.H.*, dar instabilă din cauza umidității ridicate și una vîscoasă sub *N.H.* cu permeabilitate diferită și o circulație descendentă între oglinda apei și bază, avînd căi preferențiale de acces — corespunzînd zonelor cu permeabilitate ridicată; suprafața piezometrică figurată reprezintă o posibilitate de reprezentare grafică, cotele putînd diferi acolo unde nu s-a forat. Umiditatea ridicată a materialului se datorește compoziției mineralogice variate și în special mineralelor argiloase dispersate care formează structuri celulare în găurile cărora este închisă apa liberă (proprietatea materialului argilos de a gelifica);

Nu s-au putut stabili unele legități în modul de variație al proprietăților fizico-mecanice ale materialului din corpul iazului; variația întîmplătoare a caracteristicilor fizico-mecanice se explică prin compoziția granulometrică, prin circulație și prin modul de existență al apei în corpul iazului; coeficientul de filtrație are valori mici, cu excepția zonelor cu peste 80% nisip din păturile superioare ale depozitului deasupra *N.H.* Sistematizarea morfologiei interioare a depozitului, în scopul încadrării lui în normele cunoscute privind calculul stabilității masivelor de pămînt, nu este posibilă.

Scanned with OKEN Scanner

Recomandări: Pentru protecţia aşezărilor (şcoală, cămin etc.) consolidarea compartimentului *E* prin lestarea cu piatră de pe plajă spre interior, urmărindu-se modul de comportare a masei fluid-vîscoase şi nivelului apei limpezite în iaz, care este în comunicare cu compartimentul central; completarea sistemului de sonde inverse în compartimentul central şi vest, coborînd *N.H.*, deci mărind grosimea stratului consolidat, favorizînd stabilitatea depozitului; recondiţionarea şanţului de gardă de la sanatoriu şi a zonelor alunecoase; fixarea suprafeţelor treptelor taluzului prin cleionaje sau cu plante specifice de înierbare; supravegherea deversării spre a evita erodarea taluzurilor; înlăturarea surselor de trepidaţie (explozii) care afectează starea de consistenţă a materialului caracterizat prin tixotropie ridicată; supravegherea comportării taluzurilor în timpul precipitaţiilor abundente şi a topirii zăpezilor spre a interveni urgent în caz de avarii.

Cercetări geofizice I.P.G.G — 1972. (v. planşa X.16). **Concluzii** Cercetările electrometrice în depozitul Rovina au scos în evidenţă, prin compararea cu cele din foraje, posibilitatea de interpretare a rezistivităţii geofizice în termeni geotehnici şi hidrogeologici. Cele 3 zone — diferenţiate ca valori de rezistivitate, sînt zone cu caractere hidrogeologice net diferite. Indicarea înălţimii apei capilare limita *1*.

Dimensiunea zonei de rezitivsitate (50 Ω) sugerează condiţiile de stabilitate ale materialului, dar nu este posibilă precizarea grosimii.

Zona de minimă rezistivitate între limita *2* şi fundament constituie elementul esenţial pentru aprecierea dispoziţiei spaţiale a materialului neconsolidat.

Limita inferioară a acestei zone conturează porţiunile unde nu este drenaj direct.

Preţul de cost scăzut, expeditivitatea şi buna precizie fac recomandabilă cercetarea prin cercetări electrometrice pentru stabilirea parametrilor[1] hidrogeologici şi geotehnici.

K. IAZUL TARNIŢA — SUCEAVA—PENTRU LEŞUL URSULUI (fig. XI. 32 şi XI. 33)

Înălţimea $H_{proiect} = 20{,}00$ m; $V = 2\,900\,000$ m³; în funcţie din anul 1965; 3 compartimente; iazul este plasat deasupra talvegului la 7,00 — 9,00 m; deci în siguranţă (creşterea la viituri a văii Brăteasa fiind 3,00 m); $S = 8$ ha în loc de 21 ha necesare; s-au

[1] Valorile parametrilor sînt orientative.

Fig. XI. 32. Iazul Tarnița — vedere frontală (1974).

Scanned with OKEN Scanner

depozitat 1 900 000 m³ steril comparat *B*; $h_{steril} = 25{,}00$ m; treapta 2,50—3,00 m; panta medie a taluzului în treaptă este 35—40° şi generală 28°.

Din depunerea sterilului rezultă o înălţare de 1 m/lună

Compoziţia mineralogică a sterilului. Analiza prin corelare microscopie — *X*, *T*. *D*. arată minerale libere (asociate numai 10%: 0,01—0,02 mm).

Minerale în sterilul din depozit	Tarniţa I, %	Tarniţa II, %
Clorit + sericit	35—40	30
Cuarţ şi feldspat	40—45	50
Pirită şi calcopirită	15	13—15
Carbonaţi	2— 3	2
Hidroxizi de fier	2— 3	3— 5

Analiza tulburelii în laboratorul Leşul Ursului (la 28.03.1972)

Parametrul	Unitatea de măsură	Intrare	Ieşire
0	1	2	3
Alcalinitate	VAL/l	17,00	30,00
Aciditate	VAL/l	0,00	0,00
*p*H		10,50	7,00
Cu	mg/l	0,43	0,0021
Zn	mg/l	2,01	0,057
Pb	mg/l	20,00	0,008
Suspensii	mg/l	72 240,00	316,00
Eficienţă	%	—	99,50
Cianură	mg/l	0,15	0,10
Sulfaţi	mg/l	453,00	441,00
Clorură	mg/l	54,00	48,00
H_2S	mg/l	24,00	26,00
Reziduu fix	mg/l	840,00	840,00
Culoare		Neagră	Galbenă

Conf. ICEMIN. Apa limpezită:

Cantitatea de ioni: Ca; Mg; Cl; Pb şi Cu nu depăşeşte limitele cat. I
Cantitatea de reziduu fix şi ioni sulfaţi: corespunde cat. II
Cantitatea de suspensii: cat. III la diluţia 1—20; cat. II la diluţia 20—50 şi cat. I la diluţia 50—150
*p*H, oxidabilitatea şi ionii de Zn nu corespund cat. III

Scanned with OKEN Scanner

Caracteristicile fizico-mecanice ale tulburelii

Clasa, mm	Tarnița I, %	Tarnița II, %
Peste 0,10	4	28
0,10—0,05	10	19
0,05—0,02	25	14
0,02—0,01	19	14
0,01—0,005	22	17
Sub 0,005	20	8

Fig. XI. 33. Iazul Tarnița — ansamblu (1974).

Depunerea haotică cuprinde toată gama între nisipuri (granulometrie medie și fină) și argile, în special a nisipurilor prăfoase, prafuri nisipoase și prafuri argiloase.

Densitatea aparentă este 1,80 — 2,20 t/m³; *N.H.* este foarte aproape de suprafață; porozitatea medie este 42—45 %; gradul de umiditate este 0,60—0,70 la nisipuri și 0,85—0,90 la prafuri argiloase; umiditatea moleculară ridicată nu este cedată decît la temperaturi ridicate; coeficienții de filtrare sînt mici (pînă la 0,02 m/zi) și nu asigură o drenare liberă corespunzătoare (0,43 m/zi—$5 \cdot 10^{-4}$ cm/s) la granulometria: argilă 7%; prafuri 18%; nisipuri 75%; umiditate moleculară 7,10; capacitate de cedare 16,10; în nisipurile fără argilă *K* este mare (1,50 m/zi) rezultînd o bună drenare.

N.H. este cuprins între 5,20 și 8,60 m în incintă și 2,40 la 9,05 m pe taluz; suprafața piezometrică intersectează planul taluzului la cote diferite, datorită neomogenității sedimentului; digul de amor-

Scanned with OKEN Scanner

sare nefiltrant are exfiltraţii deasupra coronamentului, deteriorînd taluzul. Defecţiuni la sonda inversă; alunecări de taluzuri; este necesar corectarea taluzurilor; $S/L = 1/4{,}5 - 5{,}0$.

Deversarea permite crearea, între punctele de deversare, a unor zone de 20,00—30,00 m² numai din particule fine; din aceste zone se iau materiale pentru construcţia digului de contur (coronamentul), rămînînd un şanţ care nu permite o sortare diferenţială ci numai evacuarea apei; el umplîndu-se cu steril cu granulaţia corespunzătoare unui praf argilos-nisipos cu caracteristici fizico-mecanice slabe. Aceasta a dus la crearea unei zone slabe în imediata apropiere a digului de contur. Iarna, această metodă de construcţie a digului, la dezgheţ provoacă alunecări de taluzuri.

Studiul ÎNCERC. Rezultate: 1) *Pe taluz*, pun în videnţă alternanţe de material cu rezistenţă la penetrare pe con scăzută $R_{pc} = 0 \cdots 5$ kgf/cm² (din material pelitic, cu material avînd $R_{pc} = 5 \cdots 20$ kgf/cm² şi mai mari (material nisipos în stare afînată).

2) *Pe plajă*, pînă la 8,00 — 9,00 m, există material plastic-moale curgător avînd $R_{pc} < 2$ kgf/cm²; sub 9,00 m, $R_{pc} = 40$ kgf/cm², iar la 14,00 m adîncime apare material plastic moale, forfecarea „în situ" pe plajă la 4,00 m adîncime, 0,6 kgf/cm²; pe taluz indică 0,50 kgf/cm².

Concluzii. Se pune în evidenţă existenţa unei alternanţe de material nisipos în stare afînată cu un material argilos prăfos în stare plastic moale. Valori foarte reduse R_{pc} în digul dintre două compartimente indică circulaţia intensă a apei între cele două compartimente [1] datorită materialului de consistenţă plastic-moale.

Repartizarea tulburelii: I) prin conducta cu diametrul de 3" şi tronsoane de 100,00 m, avînd ştuţuri cu deschideri variabile şi dopuri de lemn (rar folosite); II) distribuitor cu 6—8 furtunuri cu diametrul de 1" — în evantai, lungi de 3,00—4,00 m fiecare. Debite şi viteze mari de deversare; tulbureala curge cu jeturi neuniforme şi rapide antrenînd fracţiunile grele spre centrul iazului, defavorizînd formarea elementului de rezistenţă spre taluz şi spălînd periodic plaja — frecvent în zona de depunere se formează pîlnii de depresiune cu diametre de 0,30—1,00 m, în care se depun fracţiuni fine, ca şi în gropile de împrumut, înlesnesc formarea unor cruste de praf argilos spre coronamentul iazurilor.

Stabilitatea. Taluzul are o pantă medie de 28°. Avem zone labile cu alunecări însoţite de exfiltraţii pe aproape întregul contur. Se constată: stare de gel şi vibraţii cauzate de circulaţia vehiculelor,

1) Aceasta se datoreşte diferenţei de nivel între plajele compartimentelor precum şi faptului că un iaz era în repaus.

Scanned with OKEN Scanner

izvoare cu un debit de 0,10—5,00 l/s ; în zona cea mai labilă care are 20,00—25,00 m grosime. Se impune o taluzare cu blocuri de piatră. S-au folosit berme numai în partea superioară care ajută (doar relativ. Este necesar un șanț de gardă.

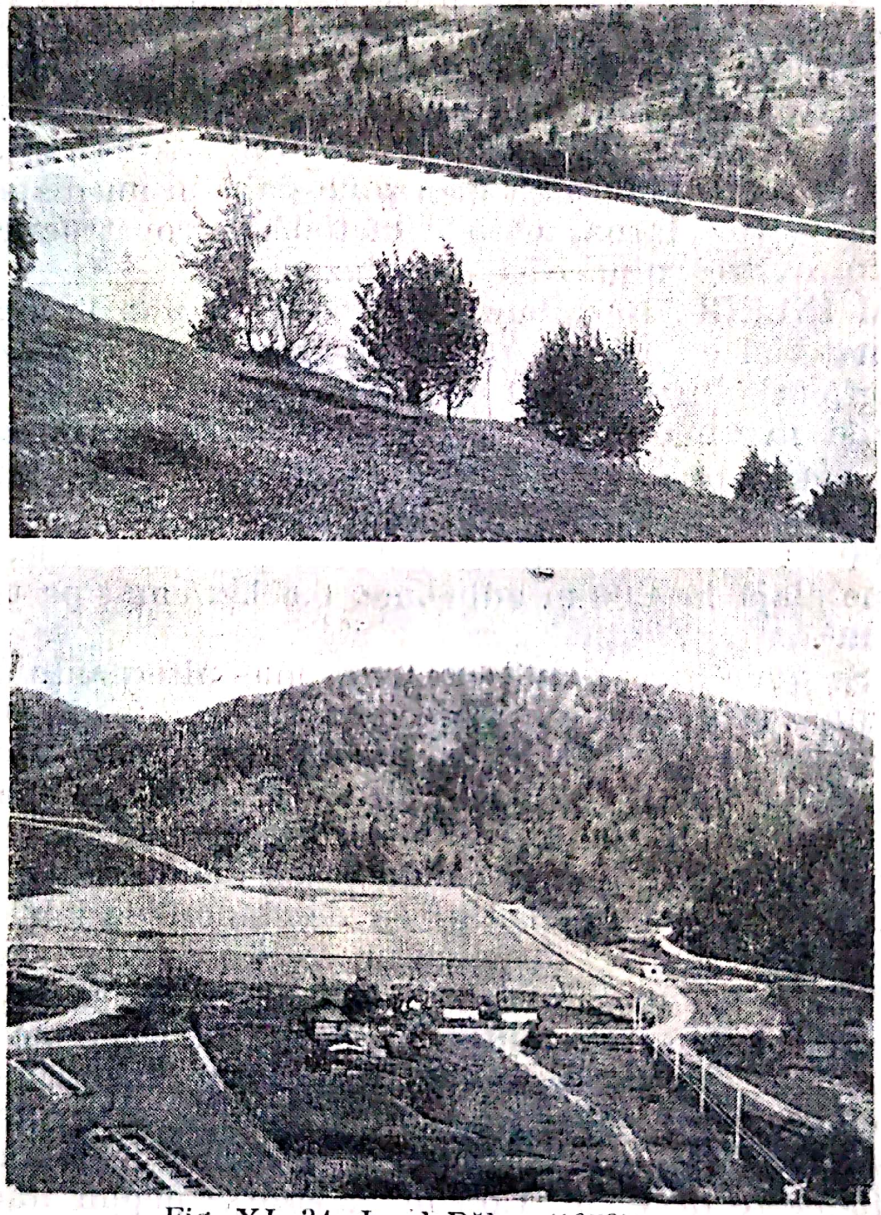


Fig. XI. 34. Iazul Bălan (1973) :
a — compartimentul *II* ; *b* — compartimentul *III* — ansamblu (1974).

Se recomandă :

- Evitarea trepidațiilor, materialul fiind tixotropic
- Lestarea taluzurilor cu piatră
- Construirea digului marginal, prin răzuirea plajei și nu din gropi de împrumut
- Drenarea apei din apropierea taluzurilor

Scanned with OKEN Scanner

L. IAZURILE DE LA BĂLAN

Iazurile Bălan II şi Bălan III (fig. XI.34, *a*, *b*): patul stabil cu pat acvifer freatic în aluviuni; precipitaţii medii anuale 934,6 mm (1961—1970) — Păltiniş; seismicitatea în zona 6 — macroseismică: îngheţ la adîncimea de 1,10 m; diguri de amorsare fără drenuri cu patul din aluviuni: $h = 3{,}21$ m.

Iazul II: $H = 22{,}00$ m; $S = 135\,000$ m²; taluz cu 5 trepte şi berme de 2,00—2,50 m lăţime, avînd panta de 29—30° (în proiect 25°); debitul de tulbureală 45 m³/h (1 068 m³/zi).

Iazul III: dig de amorsare cu $H = 6{,}70$ m; $S = 80500$ m² ($H_{proiect} = 46{,}00$ m; redus la 32,00 m); panta taluzului 20—24°; treapta 5,00 m; $V = 3\,808\,000$ m²; depozitare: $H = 14{,}00$ m; tulbureala 67 m³/h (1 602 m³/zi).

Iazul Bălan II. Studiul INCERC. Pe taluz există materiale nisipoase în stare afînată şi îndesare medie cu $R_{pc} = 20{,}00 \cdots 60{,}00$ kgf/cm², iar pe plajă materiale slab consolidate cu $R_{pc} < 10{,}00$ kgf/cm². Forfecarea „în situ" a evidenţiat material de consistenţă plastic-moale spre plastic-curgător, datorită şi prezenţei apei; $\tau < 0{,}20$ kgf/cm²; consistenţa < 20. Materialul depus se prezintă ca benzi cu grade de îndesare diferite.

Iazul Bălan III. Studiul INCERC. Pe taluz pînă la 10,00 m materialul este în stare afînată cu $R_{pc} < 20{,}00$ kgf/cm², iar sub 10,00 m are o îndesare medie şi $R_{pc} \approx 80{,}00$ kgf/cm². Pe plajă, forfecarea „in situ" pînă la 5,00 m este $\tau > 0{,}20$ kgf/cm², iar consistenţa este plastic-moale < 20.

$\tau_{taluz} = 0{,}20 \ldots 0{,}40$ kgf/cm² şi consistenţa 30—80.

Evacuarea apei limpezite se face prin două sonde inverse în fiecare iaz.

Lăţimea plajei are 40,00—50,00 m (proiect), dar este mai mică din cauza suprafeţei mici în raport cu debitul tulburelii. Supraînălţarea s-a făcut cu excavatoare din gropi de împrumut[1] de 2,00—3,00 m adîncime (paralele cu digul) la distanţe de 2,00—4,00 m una de alta.

Bălan II. Avarii în anul 1970, remediate cu steril de mină (IPROMIN):

Total 27 { 18 foraje / 6 foraje } Penetrări dinamice { Iaz II: 2,50— 4,80 m / Iaz III: 4,00—14,50 m }

[1] O astfel de practică este contraindicată, deoarece slăbeşte rezistenţa bordurii iazului.

Granulometria în forajele de pe plaja Bălan II

Mineralul	F_{14}, %	F_{24}, %	F_{34}, %	Limite de variație, %	Diferența dintre limite, %
Argilă	7— 9	9—20	8—14	7—20	13
Praf	30—40	36—46	32—50	30—50	20
Nisip	51—63	35—55	36—60	35—63	28

Coronament

Mineralul	F_{13}	F_{23}	F_{37}	F_{43}		
Argilă	4—26	2—25	0— 28	0—28	0— 28	28
Praf	6—63	10—65	0— 65	8—74	0— 74	74
Nisip	11—88	10—88	10—100	6—92	6—100	94

Taluz

Mineralul	F_{12}	F_{22}	F_{32}	F_{43}		
Argilă	2— 7	2—21	0— 8	0—21	0—21	21
Praf	10—28	7—70	7—35	6—61	6—70	64
Nisip	65—87	7—89	58—92	18—94	9—94	85

Pe plajă: o granulometrie mai omogenă, diferențele fiind mici.
Pe coronament și taluz variații accentuate.
Rezistența la tăiere pe probe tulburate: s-a realizat pe $\gamma_w = 16 \cdots 18$ kN/m³.
Unghiul de frecare interioară în stare naturală $\varphi = 22 \cdots 26°$; $c = 0{,}40 \cdots 0{,}48$ daN/cm² și în stare inundată (6—12 ha).
$\varphi = 3°30' \cdots 13°$; $c = 0{,}15 \cdots 0{,}62$ daN/cm².
Determinările s-au făcut sub sarcini verticale:
$P = 0{,}50 \cdots 1{,}00 \cdots 1{,}50$ daN/cm².
Unghiul de taluz natural determinat cu aparatul sistem Litvinov: $\alpha_0 = 41 \cdots 44°$ în stare naturală și $\alpha_i = 39 \cdots 42°$ în stare umedă.
Materialul din iaz are capacitate mare de îndesare $D_i = 1{,}25 \cdots 1{,}65$ și permeabilitate mică, $K = 4{,}410^{-5}$ cm/s (0,03 m/zi).
În compartimentul III granulometria este similară pe plajă, dar pe coronament limitele de variații sînt foarte mari[1] (argilă 38%; praf 61% și nisip 91%) confirmînd că sedimentarea particulelor nu se face riguros după legea lui Stockes, datorită curenților care se formează în timpul acesteia.
Caracteristicile mecanice sînt similare ca în compartimentul *II*.
Nivelul hidrostatic la 1,00 la 21,00 m; sub *N.H.* este neconsolidat.

[1] Aceste variații se datoresc și materialului din gropile de împrumut depus pe coronament.

Scanned with OKEN Scanner

Materialul din diguri are o granulometrie din nisip fin prăfos argilos cu distribuţie haotică.
Gradienţii hidraulici au valorile $i = 0{,}1 \cdots 0{,}3$ în zonele fără deversărt şi $i = 1{,}0$ în timpul deversării.
Se intersectează taluzurile acolo unde patul nu drenează suficient (tixotropie).
De evitat trepidaţiile. Stabilitatea este la limită. Verificarea stabilităţii cu cutremure la valori cu 2—3 grade peste valoarea seismicităţii zonei.
Pentru gradienţii hidraulici, studii pe modele analoage şi încercări „in situ" pentru stabilirea unghiului de frecare natural şi umed la o scară mare.
Iaz pilot (10,00 × 20,00 m; $H = 6{,}00$ m) **în care să se varieze crescător unghiul taluzurilor şi gradienţii hidraulici pînă la pierderea stabilităţii şi ruperea digurilor,** cu înregistrarea deformaţiilor, gradienţilor hidraulici, umidităţii, eforturilor etc., filmînd fenomenul — barajul Cage — Franţa (coaje de beton); piezometre echipate cu site; covoare de pietriş.
Reperii se amplasează pe taluzuri, pentru înregistrarea deformaţiilor în plan orizontal şi vertical, urmînd ca unii să fie montaţi în ţevi protectoare pentru urmărirea procesului de consolidare la adîncimi diferite. *De asemenea este indicată instalarea unor doze radioactive de tip I.S.C.I.P.* pentru urmărirea variaţiei umidităţii pe verticală, în raport cu punctul de deversare al şlamului. Se reconsideră studiile posibile de realizarea unor drenaje sub formă de şliţuri sau prin introducerea unor filtre relative orizontale şi la diferite nivele pe taluzuri, prin împingerea cu prese, colectarea apelor urmînd a se face în conducte cu descărcarea în aval de taluzuri.

Analize de laborator

	Nisip, %			Praf %	Argilă %	K, cm/s	$H_{capilar}$ cm	Umiditate, %		Cedarea apei
	Făinos	Fin	Mijlociu					W_{sat}	W_{mol}	
II Profil taluz 20—25 m	9	65	17	4	4	$2{,}28 \times 10^{-3}$ (1,96 m/zi)	50	24,8	7,5	17,3
Profil lîngă taluz 40 m	0	68	23	5	4	$2{,}4 \times 10^{-3}$ (2,06 m/zi)	45	24,3	5,5	18,8
III Profil 60—70	7	50	34	4	5	$1{,}96 \times 10^{-3}$ (1,69 m/zi)	55	24,2	7,0	17,2
Profil 70 m lîngă taluz	26	46	6	14	8	$4{,}9 \times 10^{-4}$ 0,43 m/zi	70	24,9	10,5	14,2

Scanned with OKEN Scanner

Analize chimice

Apa limpezită	Suspensii mg/l	pH	Reziduu fix la 105° mg/l	Cationi			Anioni			
				Ca	Mg	Amoniu NH_4	Azotiți NO_2	Sulfați SO_4	Bicarbonați HCO_3	Cloruri Cl
	26,538	7,2	238	62,40	3,50	Urme	0,21	116,50	42,70	10,65

CO_2	Duritate, °H			Alcalinitate, mval		Consum	Agresivitate	
	Totală	Permanentă	Temporară	m	p	$KMnO_4$ mg/l	Metale	Betoane
6,60	9,37	7,41	1,96	0,7	—	33,20	Medie	Dezalcalinizare

Pe taluz eroziuni în formă de orgă „*Ripple marks*".

M. IAZUL CHIȘTAG (BAUXITĂ).

Precipitații totale 807,3 mm/an; maximum 30 mm ploaie; seismicitate gradul 6; îngheț 0,90—1,00 m; 4 compartimente: 2 închise și 2 de coastă; 150 000 t/an bauxită spălată.

V_{steril} : $I + II = 1\,800\,000$ t; $III + IV = 1\,160\,000$ t.
$H_{dep} = 17{,}00$ m; $S = 16{,}00$ ha (4 compartimente).

Octombrie, 1972: $V = 850\,000$ t; $H = 7{,}00$ m; spălare fără chimicale; limpezire fără floculanți; 75% se recirculează, iar 25% se deversează în Crișul Repede; sînt șanțuri de gardă; panta taluzului exterior a digului de amorsare 20°; rambleiat cu balsat; 41 foraje pe 9 profiluri (8 5/8'' și 4'') de maximum 7,50 m adîncime interceptînd *N.H.* între 0,00 și 2,54 m (40 piezometre).

Orizontul acvifer al apei din iaz — cantonată din cauza permeabilității foarte reduse — apa are direcții de scurgere preferențiale cu pante mari. Apa trece din *IV*— în *III*; izopachitele orizontului nesaturat: 0,00—1,00 m; pe plajă: 9,00—1,50 m nisip; 1,50—3,40 m argilă cafenie; 3,40—3,60 m argilă prăfoasă; 3,60—4,50 m argilă cafenie.

Deversarea este cauza depunerilor neomogene care s-au constatat în diferite profile.

Scanned with OKEN Scanner

Granulometria : preponderența argilei 40 — 60%; praf argilos 20%; nisip 10—30%; greutatea volumetrică $\gamma_v = 1{,}67 \cdots 2{,}02$ g/cm³, independent de adîncime; $n = 36{,}5 \cdots 49{,}7\%$ în dig; ε = indicele de porozitate: 0,53···1,00 — majoritatea apropiate de cele mari.

K încă este nedeterminat de ICEMIN; $S = 0{,}58...1{,}00$.

Coeficientul de compresibilitate-tasare specifică 71,50—143,00 kg/m² 21—55 mm; compactarea nesatisfăcătoare.

Steril tulbureală — analiză complexă incl. roentghen

Nr. crt.	Clasa, mm	%	Mineralul	Formula	%	Observații
1	Peste 0,20	3	Cuarț, calcedonie	SiO_2	25—30	
2	0,20—0,10	4	Feldspat	Ka, Na Al Si_3O_8	5— 7	
3	0,10—0,50	6	Sericit	$K_1Al_2(Si, Al)_4O_{10}OH_2 \cdot nH_2O$	10—15	Sub 5 μ
4	0,05—0,02	4,5	Caolinit	$Al_4Si_4O_{10}OH_8$	5— 7	
5	0,02—0,01	6,5	Clorit	$(Mg, Fe)_5Al\ AlSi_3O_{10}O_8$	5— 7	
6	0,01—0,005	14	Diaspor	Al OOH	5— 6	
7	Sub 0,005	62	Goethit	Fe OOH	5— 6	
8	—	—	Hidrogoetit	Fe OOH · nH_2O	10—15	
9	—	—	Oxizi de titan	TiO_2	2— 3	

Analiza apei limpezite corespunde apei cat. III : pH = 6; suspensii 47,40 mg/l la o diluție de 20; reziduu fix 96 mg/l; oxidabilitatea foarte scăzută: 0,16 mg/l; alcalinitatea 1,10 mval/l, iar duritatea 1,76°.

Duritatea chimică	Mn	Ca	Mg	Fe	SO_4^{-2}	Cl	Pb	Cu	Zn	Na	K
mg/l	Lipsă	17,04	10,34	Lipsă	17,51	10,60	Lipsă	0,034	0,11	3,70	1,40

Tulbureala din iaz (fig. XI.35) : 76 g/l suspensii; după 24 h — 66 mg/l după limpezire rămîn 856 ml de soluție.

Scanned with OKEN Scanner

Caracteristici reologice

Viscozitatea		Gelaţie, g/min			Filtrare cm³	Turtă mm	pH	Analiză granulometrică Sita mm %
Marsh	Stormer							
28 s	< 5 Cp	0′ 0	10′ 0	30′ 0	124	3	6,50	0,06—0,15 0,08—0,02

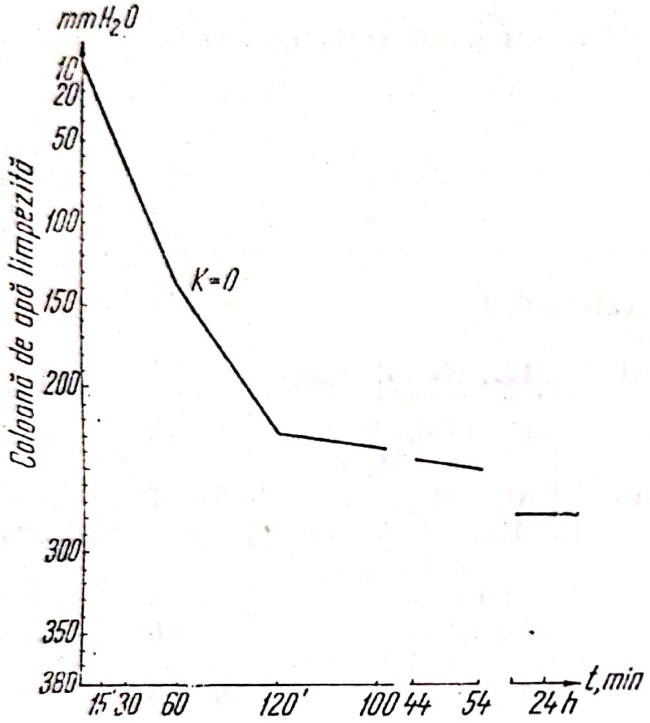


Fig. XI.35 Iazul Chiştag — curba de decantare.

Faza solidă foarte fină, turta foarte subţire şi filtratul foarte mic. **Recomandări** : reparaţia şanţurilor de gardă ; lestarea digului, supraînălţarea prin răzuirea plajei-cu berme de 1,00—2,00 m ; înierbare ; tuburi sliţuite pe plajă din 25,00 în 25,00 în lungime de 15,00 de la coronament m ; plaja 30,00 m.

N. IAZUL FUNDUL MOLDOVEI

Este în funcţiune din anul 1967 ; fig. XI. 36; digul de amorsare — filtrant — din steril de mină sortat cu granulometrie >100 mm, constituind prisma de greutate ; pe taluzul interior s-a prevăzut un filtru invers din nisip spălat de 0,5—2,0 mm şi un strat de pietriş,

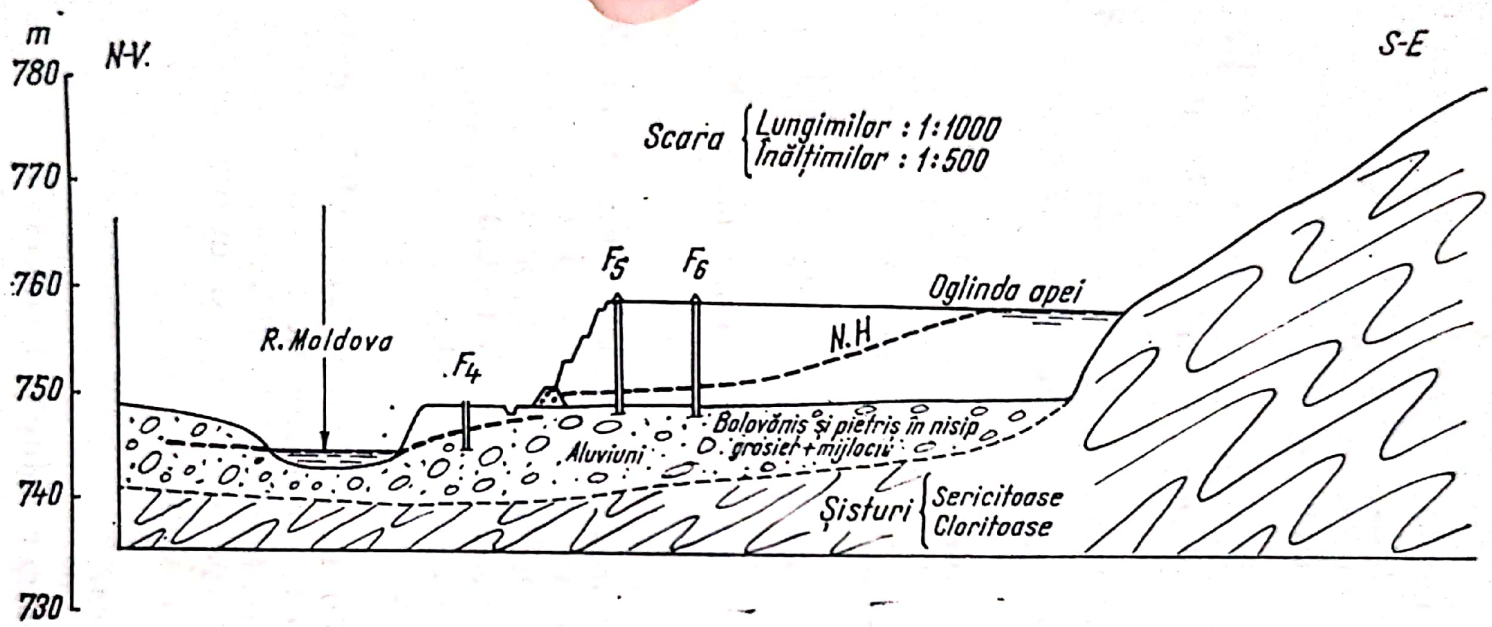


Fig. XI.36. Iazul Fundul Moldovei — secțiune litologică.

H m	Albia	A m²	P m	$R = \frac{A}{P}$	n	v	$C = \frac{1}{n} R v$	i	$V = C\sqrt{R_i}$ m/s	$Q = AV$ m³/s	Q_{total} m³/s
2	Minoră	33,00	20,20	1,63	0,067	0,34	17,72	0,006	1,31	43,20	44,50
	Majoră	7,40	50,20	0,15	0,080	0,49	5,52	0,006	0,17	1,13	
4	Minoră	67,00	24,20	2,77	0,067	0,29	20,11	0,006	1,99	133,30	555,60
	Majoră	217,70	95,60	2,28	0,080	0,34	16,54	0,006	1,94	422,30	

Scanned with OKEN Scanner

de 5—30 mm, iar taluzul exterior din anrocament. Patul digului de amorsare este din pietriș 5—30 mm. A continuat supraînălțarea în 5 trepte, fără berme, din steril luat din iaz, cu panta taluzului general de 35°. Iaz de coastă.

Proiectat pentru $H = 31{,}00$ m deasupra digului de amorsare; $V = 1\,000\,000$ timp 13,50 ani. La Q_{min}(Rîul Moldova) = 259 m³/s (măsurat în anul 1950) drenajul iazului este mai pronunțat din cauza scăderii nivelului piezometric al stratului acvifer din depozitele de pietriș ale luncii.

$Q_{catastrofal}$ = 519 m³/s determinat cu formula $Q_{max}\,1\% = \mathrm{B\ V}\ \sqrt{F}$, în care : F este suprafața bazinului respectiv al rîului Moldova; $F = 300$ km²;

B — parametrul care reprezintă scurgerea maximă elementară; $B = 30$ pentru zona (respectivă) cercetată.

Nivelul maxim al rîului Moldova corespunzător acestui debit a fost calculat pe baza profilului transversal pe rîu în zona iazului la scara 1 :200 și este 4,00 m deasupra talvegului rîului calculat astfel :

A este suprafața secțiunii naturale de scurgere, luată pe profil, în m²
P — perimetrul udat corespunde secțiunii naturale de scurgere, în m
R — raza hidraulică, în m
n — coeficientul de rugozitate pentru albii naturale
y — coeficient calculat în funcție de R și n
C — coeficient calculat în funcție de R, n și y
i — panta hidraulică medie a rîului, în 0/0
V — viteza medie a apei rîului, în m/s
Q_{tot} — debitul maxim, în m³/s

Decantorul este situat la 2,00 m deasupra talvegului, iar la debitul maxim nivelul se va ridica la circa 2,00 m de baza digului; acțiunea apei este redusă la anrocamente (debitul bine întreținut). Precipitații maxime 75,8 mm/m² (24 VI. 1955) și media anuală 930 mm/m² an. Panta versanților 60% :

$$Q = chs,$$

în care : c este coeficientul de scurgere (după Iszkowski) $c = 0{,}6$;
h — precipitațiile maxime măsurate în 24 h : $h = 75{,}80$ l/m²;
s — suprafața versantului : $s = 200\,000$ m².

Scanned with OKEN Scanner

Rezultă 9 096 m^3/24 h care s-ar putea scurge în iaz. Stratul acvifer *N.H.* — variază de la 1,10 la 2,60 m, în funcţie de altitudinea relativă a forajelor faţă de nivelul apei din rîu — este alimentat de rîul Moldova. Panta hidraulică este de 1,5% în apropierea albiei rîului şi de 5% în apropierea versanţilor.

În condiţiile actuale stratul freatic drenează apa în iaz. Numai două izvoare situate pe versant în amonte—de 2—3 l/s respectiv 1 l/s se scurg în iaz (200—400 m^3/zi) trebuie abătute.

Pentru întocmirea studiului s-au efectuat:

1) *Foraje hidrogeotehnice, încercări „in situ", măsurători piezometrice* pentru obţinerea suprafeţei piezometrice (cu filtre); pentru determinarea litologiei depozitului (steril decantat) şi fundamentului acestuia, prelevarea de probe tulburate şi netulburate mineralogice, în vederea precizării caracteristicilor fizico-mecanice şi compoziţiei mineralogice.

2) *Prospecţiuni şi studii geologice tehnice şi hidrogeologice* pentru stabilirea geologiei din zona iazului, stabilitatea versanţilor limitrofi, starea taluzurilor iazului, regimul de scurgere al emisarului apropiat, regimul scurgerilor de pe versanţi în iaz, determinarea stratului freatic şi cartarea izvoarelor din zona iazului. În laborator, pe probe netulburate şi tulburate, s-au determinat caracteristicile fizico-mecanice compoziţia mineralogică şi coeficientul de filtrare al sterilului. $H = 13{,}00$ m; 5 diguri (1,50 — 2,00 m) cu berme — taluz general cu panta de 30°.

Prelucrează 280 t/zi minereu — diluţie 1 :5 (1 540 m^3 apă industrială sau 0,018 m^3/s); plaja are 50,00 m lăţime. Diferenţa de nivel este de 1,00 m între deversare şi oglinda apei. Limpezirea 99,8%. Depozitat 1 000 000 t, în 13,5 ani; 9 foraje pe 3 profile cu 75,90 m total, plus 2 foraje pe plajă: $13{,}50 + 11{,}4 = 24{,}90$ m.

Izopachitele din 2,00 în 2,00 m pornind de la o bază — conturul exterior al iazului — urcînd la >12,00 m reprezentînd grosimea maximă a sterilului.

Analiza binoculară din forajul 8 (pe plajă de lîngă coronament)

Mineralul	Probe din forajul 8, de la adîncimea, în m					
	1	3	5	7	9	11
Cuarţ	51	70	72	82	77	71
Muscovit	30	12	5	10	20	25
Amfibol	—	—	15	2	—	—
Clorit	10	10	5	3	2	2
Biotit	4	5	—	—	—	2
Sulfuri	5	3	3	3	1	—

Scanned with OKEN Scanner

Structură psamito-aleuritică. Compoziţia chimică a apei limpezite. La preparare se foloseşte xantat de metil, acid sulfuric, silicat de sodiu şi var :

- Limpezire 99,8%
- *p*H { 6,0 la intrare; 5,5 la ieşire; suspensii decantabile { 190 mg/l la intrare; 0 mg/l la ieşire
- Suspensii totale { 120 000 mg/l la intrare; 200 mg/l la ieşire } Eficienţa decantării 99,8%

Caracteristicile mecanice ale sterilului pun în evidenţă : în majoritate nisipuri şi nisipuri prăfoase şi mai rar prafuri nisipoase, prafuri argiloase sau argile prăfoase ; fracţiunea nisipoasă 40—100% în fiecare sediment ; granulometria sedimentului din iaz corespunde în marea majoritate unor nisipuri fine, mijlocii şi nisipuri prăfoase ; densitatea sterilului decantat 2,72—2,88 g/cm³ ; densitatea aparentă a nisipurilor prăfoase 1,63 — 1,67 g/cm³ şi a nisipurilor fine 1,56 g/cm³ ; n = 47,70...52,60% la nisipurile prăfoase şi 53,20% la cele fine ; n = 0,91...1,13 ; umiditatea naturală este 13,60 — 31,00% iar de saturaţie 32,40—41,00% ; umiditatea medie este de 0,44—0,77 ceea ce arată că sterilul permite cedarea apei în condiţii normale de presiune şi de temperatură ; modulul de compresibilitate mediu este 167—250 kfg/cm² ;coeficientul de tasare specifică este 15—17 mm/m ; unghiul de frecare interioară 26—30°, iar coeziunea 0,42—0,50 kgf/cm² pentru nisipurile prăfoase — explicat prin existenţa unui procent ridicat de apă peliculară ; K — nedeterminat încă — dar este bun la partea superioară a iazului ; Hidroizohipsele 747—756 din metru în metru.

Stabilitatea. Pe taluzuri mici ravenări, nefiind înierbat (precipitaţii şi conducta de aducţiune) la est alunecări, sufozie, prăbuşiri importante şi antrenare de material ; Izvor 0,20 l/s la baza digului de amorsare.

Recomandări. Lestare cu roci coerente (ca zid de sprijin şi cu dren). Astuparea ravenelor ; şanţ de gardă ; înierbarea.

Scanned with OKEN Scanner

O. IAZUL BAIA DE FIER

Iaz de coastă cu panta generală a versantului calcaros 30° (v. fig. XI. 21, *a*, *b*,)

N.H. al pînzei aluvionare sub iaz 1,00—1,50 m adîncime

Seismicitate grad 6, îngheţ 0,90 m în adîncime

În funcţiune din anul 1952 : S=1,40 ha ; $H_{proiect}$=12,00 m ; V = 120 000 m³ ; $H_{est\ 1972}$ = 7,60 m ;

V_{1972} = 90 000 m³ ; $H_{vest\ 1972}$ = 1,70 m ; la est plaja are 40,00 m ; diferenţa între coronament şi plajă este de 0,90 m. Supraînălţare fără berme

Digul iniţial de amorsare — filtrant — încastrat 0,50 m în pat din pietriş şi bolovăniş cu nisip, avînd gropi de împrumut din interiorul iazului

H_{max} dig centură 7,60m. Supraînălţarea cu materialul din iaz

Depunerile din iaz : alternanţă în strate subţiri a argilelor prăfoase, prăfos argiloase, praf nisipos

Limita materialului *consolidat/neconsolidat* vîscos în stare de curgere trasată pe proprietăţi fizice

Partea superioară a digului de centură prezintă caracteristici de minimă rezistenţă — pericol de alunecări

Hidroizohipse la 1,00 m echidistanţă. În corpul digului apa apare la 6,50 m — cu gradient mare şi pantă mare de curgere a apei

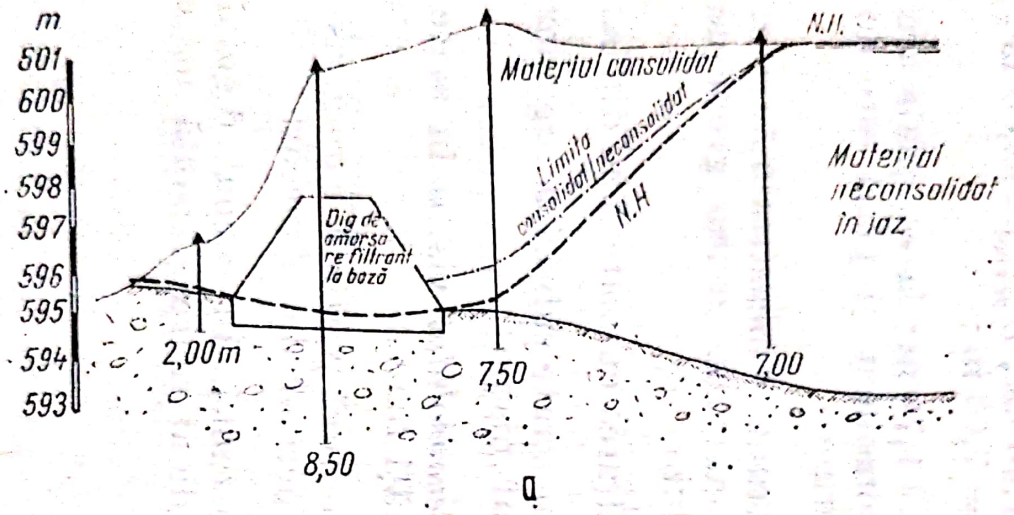
Granulometria

Materialul din digul de centură. Bolovăniş pietriş 0—90%; nisip 11—78%; praf 0—64%; argilă 0—34—%.

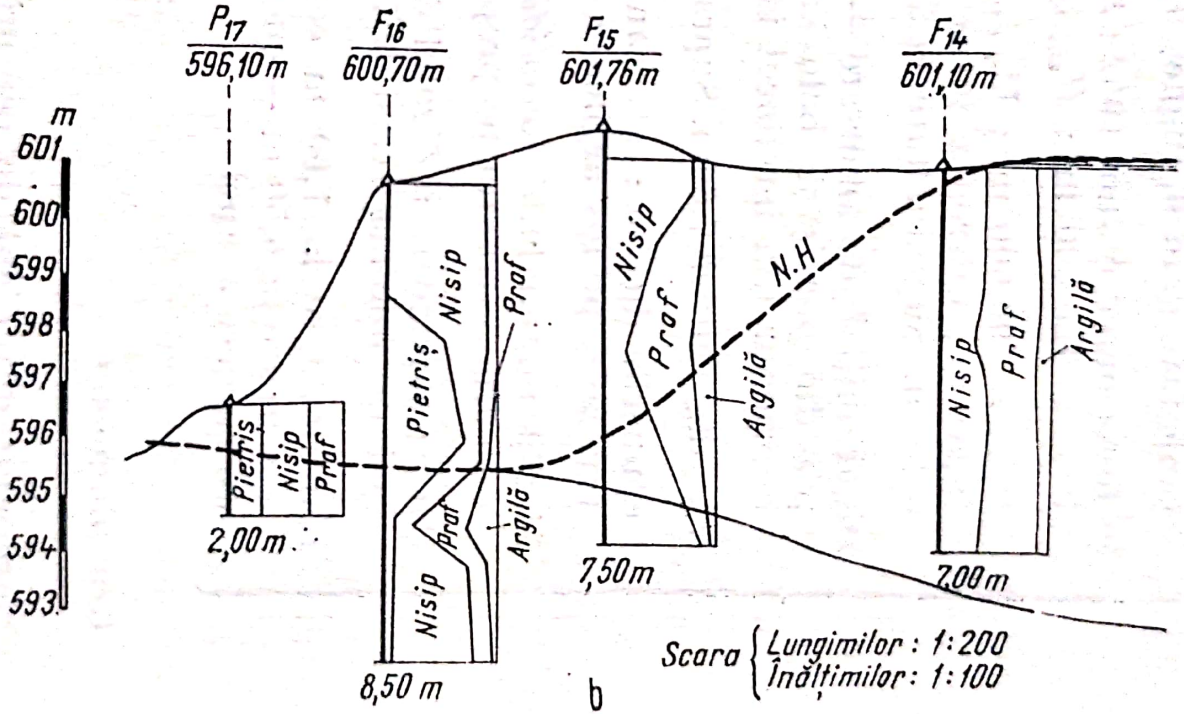
Material din Iaz : nisip 4—74%; praf 4—60%, argilă 8—46%.

Diferenţierea granulometrică pe orizontală (între iaz şi dig) precum şi variaţia pe verticală a distribuţiei granulometrice poate fi urmărită în reprezentările grafice procentuale granulometrice sub secţiunea litologică pentru foraje şi puţ (v. fig. XI. 37).

Scanned with OKEN Scanner


m
601
600
599
598
597
596
595
594
593
N.H.
Material consolidat
Limita consolidat neconsolidat
N.H
Material neconsolidat in iaz
Dig de amorsa re filtrant la bază
2,00 m
7,50
7,00
8,50

a


P17
596,10 m
F16
600,70 m
F15
601,76 m
F14
601,10 m
m
601
600
599
598
597
596
595
594
593
Pietriș
Nisip
Praf
Argilă
N.H
2,00 m
7,50 m
7,00 m
8,50 m
Scara { Lungimilor : 1:200
Înălțimilor : 1:100

b

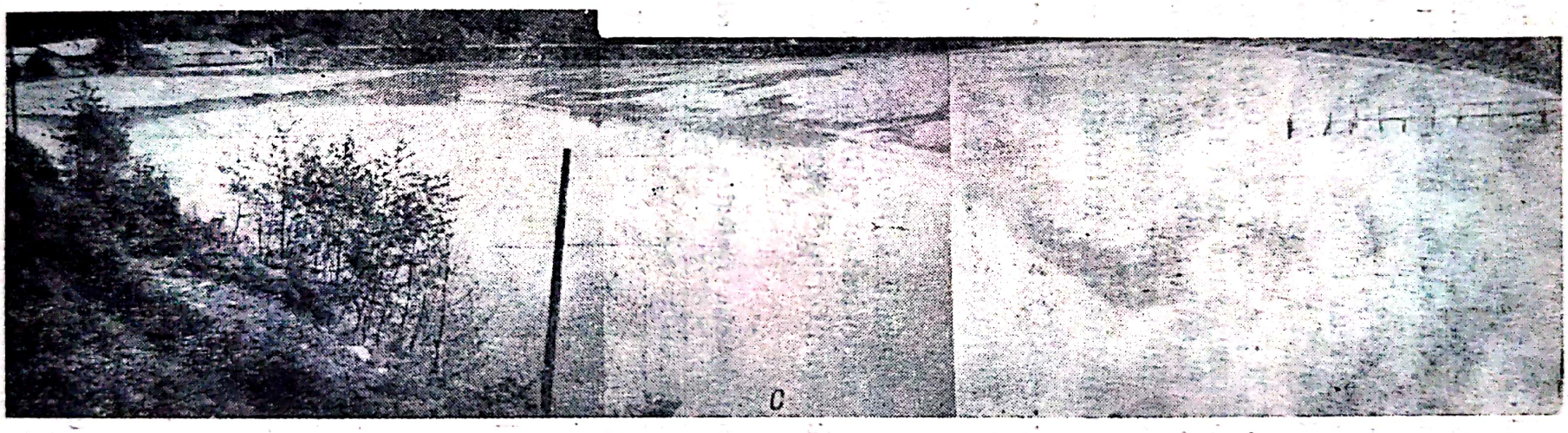


Fig. XI.37. Iazul Baia de Fier:

a = secțiune litologică, contur piezometric; *b* — componența granulometrică; *c* — vedere de ansamblu.

$\gamma_{V\ dig} = 1{,}74 \cdots 2{,}14$ g/cm³ ; $\gamma_{V\ iaz} = 1{,}76 \cdots 2{,}03$ g/cm³

Variaţiile pe verticală se datoresc materialului de înălţarea digului şi modului de depunere în iaz

$n_{iaz} = 35{,}00 \cdots 51{,}90\%$; $n_{dig} = 37{,}00 \cdots 49{,}00\%$; materialul din dig este mai bine compactat ; $n_{material\ neconsolidat} = 40{,}00 \cdots 42{,}00\%$; $n_{material\ curgător} = 54{,}00\%$

$\varepsilon_{dig} = 0{,}54 \cdots 1{,}21$; $\varepsilon_{sediment\ iaz} = 0{,}75 - 0{,}99$; în ambele cazuri valorile mari sînt mai frecvente

$W_{dig} = 21{,}40 \cdots 45{,}60\%$; $W_{sediment\ plajă\ max} = 30\%$ (materialul fiind mai fin şi mai poros)

În raport cu umiditatea naturală $S = 54{,}00 \cdots 100{,}00\%$

$W_{S\ dig} = 23{,}8 \cdots 45{,}6\%$; $W_{S\ iaz} = 22{,}6 \cdots 37{,}4$

$E_{dig} = 41 \ldots 85$ kgf/cm² ; $E_{iaz} = 91$ kgf/cm²

Tasarea specifică raportată la modulul de compresibilitate este de maximum 47 mm/m ; majoritatea valorilor sînt în jur de 30 mm/m în dig şi 40 mm/m în iaz (materialul mai fin este ca în dig).

Caracteristicile reologice ale tulburelii

γ kg/cm³	Viscozitatea		Gelaţia, min			Filtrare cm³	Turta mm	pH	Refuz pe sita de:	
	Marsh s	Stormer cP	Iniţială	10′	30′				0,15 mm	0,06 mm
1,070	28	<5	0	0	0	440	10	10,6	0,40	1,40

Coeficientul de filtrare K

Forajul	K		Proba
	cm/s	m/zi	
F_{15}	$1{,}01 \times 10^{-5}$	0,0087	Netulburată
F_{16}	$4{,}60 \times 10^{-4}$	0,3590	Tulburată

K indică o slabă circulaţie a apei

Scanned with OKEN Scanner

Analiza chimică – mineralogică. Analiza microscopică a sterilului din iaz şi analiza chimică şi granulometrică complexă (cernere şi sedimentare—cu aerometrul Casa Grande).

Nr. crt.	Mineralul	Formula	%
1	Cuarţ	SiO_2	≈30
2	Minerale argiloase	$Al_4(Si_4O_{10})(OH)$	25—30
3	Sericit	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	≈20
4	Muscovit	$KAl_2(AlSi_3O_4)(OH)_2$	
5	Feldspaţi	$K, Na(AlSi_3O_8)$	2— 4
6	Clorit	$(MgFe)_5 Al(AlSi_3O_{10})(OH_8)$	Subord.
7	Amfiboli	$(MgFe)_7 (Si_4O_{11})_2 (OH_2)$	≈ 1
8	Piroxeni	$Ca(MgFeAl) (Si, Al)_2O_6$	
9	Grafit	C	5—10
10	Calcit	$CaCO_3$	≈ 5
11	Pirită	FeS_2	3 — 4
12	Pirotină	Fe_2S	
13	Limonit	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	1— 3
14	Magnetit	Fe_3O_4	<0,5

Compoziţia granulometrică

Clasa, mm	Volumul, %	Clasa, mm	Volumul, %
Peste 0,20	1	0,02—0,01	11
0,20—0,10	10	0,01—0,005	17
0,10—0,05	21	Sub 0,005	35
0,05—0,02	5		

Observaţii: Particule fine < 0,1 = 50...55%

La intrarea în iaz rezultă; pH = 6,00...6,50; suspensie umedă 116 g/l; suspensie uscată 72,2353 g/l; soluţie 835 mg/l; suspensie după 24 h 59,60 mg/l.

Apa limpezită la ieşirea din iaz

Corespunde clasei Standard cu excepţia pH = 6 (în loc de 6,5). Corespunde conţinutului de suspensii clasa I, la diluţie 50—150. Curbele de limpezire (bună) nu necesită tratare.

Parametrul	Unitatea de măsură	Valoarea	Parametrul	Unitatea de măsură	Valoarea
pH		6	Fe	mg/l	Lipsă
Suspensii la litru	mg/l	278,40	Cl	mg/l	7,09
Reziduu fix	mg/l	423,00	Mn	mg/l	Lipsă
Alcalinitate totală	m val/l	0,45	SO_4	mg/l	169,95
Alcalinitate liberă	m val/l	—	Oxidabilitate	mg/l	13,64
Aciditate totală	m val/l	—	Na	mg/l	83,00
Aciditate liberă	m val/l	0,05	K	mg/l	7,30
Duritate	°H	10,27	Pb	mg/l	0,08
Ca	mg/l	72,43	Cu	mg/l	Urme
Mg	mg/l	0,65	Zn	mg/l	1,26

Scanned with OKEN Scanner

Concluzii şi recomandări:

Recondiţionarea şanţului de gardă
Corectarea şiroirilor pe taluz şi lestare
Şanţ colector la baza digului ; plaja 25,00 m pe tot conturul
Folosirea papucilor de deversare. Supraînălţarea în trepte, 1,50—2,00 m cu panta de 20°, bermé de 2,00 m, înierbate.
Conductele de aducţiune trebuie revizuite, desecarea bălţilor lîngă iaz şi rambleierea zonei cu material tasat

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE

1. Negulescu, G. M., Ghederim, V., Lăzărescu, I., Voiculescu-Dioşti, Şt. şi Cosmin, I. *Epurarea apelor uzate industriale.* Bucureşti, Editura tehnică, 1968.
2. Ionesc, M., Hilard, D., Iosif, D, Răşcanu, N. şi Anghelescu, A. *Combaterea poluării apelor şi atmosferei în activitatea industriei din R.S.R.* Al VII-lea Congres internaţional minier. Bucureşti, sept., 1972.
3. *Ocean industry* În: Gulf Publishing Company, Houston — Texas, S.U.A., sept., 1972.
4. D'Appolonia, E. *Abandonment of tailing facilities.* International Tailing Symposium Tucson-Arizona, S.U.A. nov., 1972.
5. Dean K. şi Havens, R. *Comparative costs and methods for stabilization of tailings.* International Tailing Symposium, Tucson Arizona, S.U.A nov., 1972, 6. Wrather, W. şi Lahee, F. *Problems of petroleum geology.* AAPG, Tulsa-Oklahoma, S.U.A., 1934.
7. Lehr, H. *Fizica şi mecanica maselor de pământ.* Ed. a II-a, Bucureşti, Editura tehnică, 1954.
8. Caquot, A. şi Kerisel, J. *Traité de mécanique des sols.* Ed. a IV-a, Paris, Gauthier-Villars, 1966.
9. Grim, R. E. *Applied Clay mineralogy.* New York, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., 1962.
10. Silvan, A. *Apa în pământurile nesaturate.* Bucureşti, Editura tehnică, 1967.
11. Brantly, J.E. *History of oil well drilling.* În: Gulf Publishing Company, Houston-Texas, S.U.A., 1971.
12. Uren, L.C. *Petroleum production engineering — oil field exploatation.* Ed. a IV-a. New York şi Londra, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1956.
13. Zaba, J. şi Doberty, W.T. *Practical petroleum engineers handbook.* Ed. a III-a. În: Gulf Publishing Company, Houston-Texas, S.U.A. 1956.
14. *Noroiul de circulaţie pentru săpat sondele.* Bucureşti, Cartea Românească, 1946.
15. Athy, L.F. *Compaction and its effect on local structure. Problems of petroleum-geology, Amer. Assoc. Petrol. Geol.* Tulsa — Oklahoma, S.U.A. 1934.
16. Jon Thomson, *Industrial construction*, Ltd. Londra, 1968.
17. George O. Argall, Jr., C, L, Alpin a.a· *Tailing disposal to day* Procedings of the first international Tailing Symposium, Tucson — Arizona, S.U.A., oct. 31, nov. 1,2 şi 3, 1972 San Francisco — S.U.A., Miller Freeman Publications, Inc.
18 Browner, C.O. şi Campbell, D.B. *Tailing disposal to day,* Proceedings of the first international Tailing Symposium, Tucson — Arizona, S.U.A., oct. 31, nov. 1,2, şi 3, 1972. San Francisco — S.U.A., Miller Freeman Publications, Inc.
19. Dobrey. R. şi Alvarez, L. *Seismic failures of chilean tailing dams.* În: Journal Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE. Vol. 93, nr. SM6, 1967.
20. *The report of the tribunal appointed to inquire into the disaster of Aberfan on october 21, 1966,* HMSO, Londra.
21. Browner, C.O. *Redesign and construction of a tailings dam to resist earthquakes.* Vancouver, 1971.
22. Casagrande, L. *Panel discussion — stability in open pit mining.* AIME. New York, 1971.
23. Seed, H.B. *Landslides during earthquakes due to soil liquefaction.* În: Journal Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, vol. 94, nr. SM5, 1968.

Scanned with OKEN Scanner

24. Goodman, R.E. şi Seed H.B. *Earthquake induced displacements in sand embankents.* In: Journal Soil Mechanics and Foundations Divison, ASCE, vol. 92, nr. SM2, 1966.
25. Campbell, D.B. şi Browner, C.O. *The tailings dam an engineering structure.* Western Moner, 1971.
26. Terzaghi, K. şi Peck, R.B. *Soil mechanics in engineering practice.* New York, John Wiley & Sons, Inc., 1967.
27. Bishop, A.W. *The use of the slip circle in the stability analysis of slops.* În: Geotechnique, vol. V, 1955.
28. Janbu, N. *Stability analysis of slopes with dimensionless parameters.* În: Harvard Soil Mechanic Series, nr. 46, 1954.
29. Morgenstern, N.R. şi Price, V.E. *The analysis of the stability of general slip surfaces.* În: Geotechnique, vol. 15, 1965.
30. Newmark, N.M. *Effects of eartquakes on dams-and embankments.* Fifth rankine lecture. În: Geotechnique, vol. 15, 1965.
31. Urquhardt, L.C. *Civil engineering handbook.* Ed. a IV-a New York, McGraw-Hill Book Company, Inc. 1959.
32. Dept. Mines. Energy and Resources. *Tentative desing guide for mine waste embankments in Canada.* In: Mine Branch Research Centre, Technical Bull. T.B., nr. 145, 1972.
33. Sharp, J.C. *Fluid flow through fissured Media.* Universitatea din Londra. Ph. D. Thesis, 1970.
34. Dames, Moore. *Tailing dam study. Telluride.* Colorado, for Idardo Mining Company report, sept., 1971.
35. Donald, A. Dahlstrom. *Present trends in waste water treatment on mine and milling operations.* AIME Preprint T-III-64. Tokyo meeting, mai, 1972.
36. Kealy, C. Daniel şi Busch Richard, A., *Determining seepage characteristics of mill-tillings dams by finite element metod.* USBM — R1—7477, ian., 1971.
37. *Bougainville's 17 mile concentrate slurry pipeline carries 481.826 tons in first year's operation.* În: World Mining, mai, 1973. San Francisco — S.U.A., Miller Freeman Publications.
38. *Composite catalog of oil field equipment and services* Ed. 1974/1975. Houston-Texas S.U.A., Gulf Publishing Company. 1974.
39. Grodle, K.H. *Beiträge zur Rheologie Disperser Systeme.* In: Erdöl und Kohle, nr. 6, R.F.G., 1953.
40 Wasp. E.J., Thompson, T.L. şi Ande. T.C. *Bechtel corporation.* În: CIM. Bull., S.U.A., dec., 1970.
41. Bolton Seed, H. şi Indris, M. *Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential.* În: Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, SM 9, sept., 1971.
42. Casagrande, A. *Characteristics of cohesionaless soils affecting the stability of slopes and earth fills.* In: Journal, Boston Society, of Civil Engineers, ian., 1936.
43. Taggart. A.F. *Handbook of mineral dessing* New York, John Wiley & Sons, Inc., 1952.
44. *Manualul inginerului petrolist. Nr. 41. Tehnologia proceselor de foraj.* Bucureşti, Editura tehnică, 1957.
45. *Manualul inginerului* (Hütte) Vol. I. Bucureşti, Editura AGIR, 1949.
46. Caillère Simonne şi Hènin Stéphane. *Minéralogie des argiles* Paris, Masson et Co. Editeurs, 1963.

Scanned with OKEN Scanner

47. Dale, L.A. și Dahlstrom, D.A., *Design and operation of thickening equipement for closed-water circuits in coal preparation plants.* AIME. Transactions of the Society of Mining Engineers, vol. 232, iun., 1965.
48. Dahlstrom, D.A. ș.a. *Gravity sedimentation. Chem. engr-handbook*, New York, Mc Graw Hill Book Company, Inc., 1973.
49. Donald, A. Dahlstrom, și Jan Wolf. *Thickening and filtration study of coal slimes at the Lupeni, Coroești and Petrila coal plants. Jiu Valley,* Romania. Illinois S.U.A. Research and development Dept., The Eimco Corporation 1968.
50. Thwaite, J.R. *Heavy duty decantor centrifuge dewatering fine coal suspensions* Huddersfield Yorkshire, U.K., Thomas Broadbent & Sons, Ltd., 1973.
51. I.P.S. *Studiul experimental de geofizică pentru iazurile de decantare Deva, Brad, Baia de Arieș și Capnic.* București, Institutul de studii și prospecțiuni, 1964.
52. I.P.G.G. *Cercetări geofizice în depozitele de steril Deva și Brad* București, Institutul de petrol, gaze și geologie, 1972.
53. Urquhardt, L.C. *Civil engineering handbook*, Ed. a II-a. New York și Londra, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1956.
54. Twenhofel, W. H. *Principles of sedimentation.* Ef. a II-a. New York și Londra, McGraw-Hill Book Company, 1950.
55. Jones, P.J. *Petroleum production — mechanics of production oil condensate, natural gas.* Vol. I. New York, Reinhold Publishing Corporation, 1946.
56. Pirson, S.J. *Elements of oil engineering.* New York, Toronto și Londra, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1958.
57. Muskat, M. *Physical principles of oil production.* New York, Toronto și Londra, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1949
58. Voiculescu-Dioști, Șt. *Structura Bereslogi-Dealu Mare.* Iași, 1943.
59. Lahee. F.H. *Field geology.* Ed. a V-a. New York, Toronto și Londra, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1961.
60. Voiculescu-Dioști, Șt. *Studiul emulsiilor țițeiului din Boldești.* Cîmpina, 1935.
61. Ialina, I. *Emulsiile și aplicațiile lor tehnice.* București, Editura tehnică. 1961.
62. Levorsen, A.I. *Geology of petroleum.* San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1956.
63. Voiculescu-Dioști, Șt. *Structural dip and strike-sand development — km 27 field* Diadema Argentina Company Comodoro Rivadavia, 1936.
64. Voiculescu-Dioști, Șt. *Interpretation of Comodoro rivadavia structure — electrical logging.* Diadema Argentina Company, 1937.
65. Voiculescu-Dioști, Șt. *Sand development — northern area, Lagunillas field.* Maracaibo, Venezuelan Oil Consolidated, 1938.
66. Nemerow, N.L. *Theories and practices of industrial waste treatment.* Londra, Addison-Wesley Publishing Company, 1963.
67. Rabone, Pb. *Flotation plant practice.* În: Mining Publications, Londra, 1938.
68. Matveev, M.A. *Vodosnabjenie i vozduhodubnte ustanovki obogatitelnth fabrik.* Moscova, Metallurghizdat, 1954.
69. Dobrescu, L. și Lăzărescu, I. *Noutăți și controlul fluxului tehnologic.* București. Editura tehnică, 1962.
70. Grüdner W. *Erzaufbereitungsanlagen in Westdeutschland* Berlin, Springer Verlag, 1955.
71. Melnikov, G.A. *Hvostovoe hozeistvo obogatitelnth fabrik.* Moscova, Metallurghizdat, 1950.
72. Razumov, K.A. *Proiktirovanie obogatitelnth fabrik.* Moscova, Metallurghizdat, 1952.
73. Liddel. D.M. *Handbook of nonferous metallurgy,* Vol. I. Principles and processes. Ed. a II-a. New York și Londra, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1958.

Scanned with OKEN Scanner

74. Taggart, A.F. *Handbook of mineral dressing.* Ed. a III-a. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1958.
75. Peele, R. *Mining engineers handbook*, Ed. a III-a. New York, John Wiley & Sons, Inc., Londra, Chapman V. Hall, Ltd. 1948.
76. Pavel, Dorin. *Hidraulica teoretică și practică.* București, Editura tehnică, 1950.
77. Carafoli, E. și Oroveanu, T. *Mecanica fluidelor.* Vol. I. București, Editura Academiei. 1952.
78. M.I.M.I.C. *Prepararea minereurilor.* București, Editura tehnică, 1951.
79. *Manualul inginerului de mine.* Vol. II. București, Editura tehnică, 1952.
80. Slișnev P.A. *Spravocinik po vnutrennim vodoprovodnim i kanalizaționnim ustanovkam.* Ed. a II-a Moscova, Gostroizdat, 1954.
81. Andreescu-Cale, I. *Manual de hidraulică,* București, Editura tehnică. 1950.
82. Botea, E. *Curs de geotehnică,* București, Editura Institutului de Căi ferate, 1954.
83. *Apărări de maluri și corectări de rîuri,* București, Editura C.F.R., 1949.
84. Constantinescu, M. *Hidrologie.* București. Editura tehnică. 1956.
85. Poliakov, B.A. *Calcule hidrologice la proiectarea instalațiilor pe rîuri cu bazine mici* (trad. din l. rusă). București, Editura tehnică, 1951.
86. Pavel, Dorin. *Hidroenergetica generală.* București. Editura tehnică. 1952.
87. Ministerul Agriculturii *Hidroenergetica.* București, Editura tehnică. 1952.
88. McGregor, D. și Dopson, G W. *World mining march 1973.* San Francisco-California S.U.A. Miller Freeman Publications.
89. Takashi Yamaguchi, Yasunari Yamada, Masakatsu Sakamoto și Kenji Uchida. *Hitachi review* Tokyo-Japonia Vol. 19, nr. 5. 1970.
90. Kenneth L. Ludeke, *Vegetative stabilization of copper mine.* International Sympozium, nov., 1972, Tucson-Arizona, S.U.A.
91. Dean, K.C., Havens, R. și Valdez, E.C. *U.S. Bureau of mines discovering several ways for tailings stabilization.* În: Mining Engineer, S.U.A. dec., 1971.
92. Jean-Claude Leroy, *How to establish and maintain growth on tailings in Canada.* International Sympozium, Tucson-Arizona, S.U.A., nov., 1972.
93. Gates David, M. *Radiant energy its reception and disposal.* În: Meteorological Monograph. Vol. 6, nr. 28. S.U.A. 1965.
94. Baines, S.S. și Lingh, K.D. *Utilization of solon radiation in desalination of ridges plantbeds on saline soils.* În: Nature, nr 212 (5069), S.U.A. 1966.
95. Berg William, A. *Nutritional and physical aspects; plants establishment on mine wastes.* AIME Preprint 70—F—11, S.U.A., 1970.
96. James, A.L. *Stabilizing mine dumps with vegetation.* În: Endeavor, nr. 96, S.U.A., 1966.
97. Turelle, J.W. *Winderosion control guides* În: Soil Conservation, nr. 10, 1969.
98. Rogelio, C., Salazar și Reynaldo, I. Gonzales. *Design construction and operation of the tailing pipelines and underwater tailings disposal system of atlas consolidated mining and development corporation in the Philippines.* International Tailing Symposium, Tucson-Arizona, S.U.A., nov., 1972.
99. Evans, J. B., Ellis, D.V. și Oelletier, C.A. *The establishment and implementation of a monitoring program for underwater tailing disposal in Rupert inlet.* Vancouver Island, British Columbia —, Canada. International Tailing Symposium, Tucson-Arizona, S.U.A. nov., 1972.
100. Poling, G. W. *Sedimentation of mill tailings in fresh water and in sea water.* Vancouver-Canada, C.I.M., Oct., 1971 meeting,
101. Evans, J. B. *Summary report, pre-operational phase.* Mart. — sept., 1971, Environmetal Control Program, Island Copper Mine, Rupert Inlet, B.C., Univ. of Brit. Col., 1972.

Scanned with OKEN Scanner

102. Nicolau Pompiliu. *Curs de hidraulică*. Şcoala Politehnică din Timişoara, 1952.
103. Prandtl, L. şi Tietjens, O. *Hydro und Aeromechanik*. Vol. II. Berlin, Springer Verlag, 1931.
104. Beerstecher, E. Jr. *Petroleum microbiology*. New York, Elsevier Press, Inc., 1954.
105. Prevot, A. R. *Traité de systématique*. Paris, Dunod, 1961.
106. Trautenberg, G.A. *The oil and gas journal*. Nr. 4, ian., 1965.
107. Baumgartner, A.W. *The oil and gas journal*. Nr. 11, febr., 1963.
108. Lombard, A. *Géologie sédimentaire*. Paris, Masson & Cie., Editeurs, 1956.
109. Termier, H. şi Termier, G. *Erosion et sédimentation*. Păris, Masson & Cie., Editeurs, 1957.
110. Miller, V. şi Miller, C. *Photogeology*. New York, McGraw-Hill Book Company, 1961.
111. Lăzărescu, I. *Evacuarea sterilului rezultat de la instalaţiile de preparare a minereurilor*. În: Revista Minelor, nr. 3, Bucureşti, 1951.
112. Huber Panu, I. *Prepararea minereurilor şi a cărbunilor*. În: Manualul inginerului de mine, vol. VI, Bucureşti, Editura tehnică. 1956.
113. Dobrescu, L., Georgescu, B., Huber Panu, I. şi Popa, E. *Prepararea substanţelor minerale utile*. În: Îndreptar tehnic în minerit. Bucureşti, Editura tehnică, 1956.
114. Voiculescu-Dioşti, Şt. *Evacuarea şi decantarea apelor industriale cu suspensii minerale*. Bucureşti, Editura tehnică, 1960.
115. Neniţescu, C. *Chimie generală*, Bucureşti, Editura tehnică, 1963.
116. Neniţescu, C. *Chimie organică*. Bucureşti, Editura tehnică, 1966.
117. Dumanschi, A. *Coloizii*. Bucureşti, Editura de Stat, 1949.
118. Rutcov, A. *Chimia coloidală*. Bucureşti. Editura tehnică, 1960.
119. Chireev, V. *Chimie fizică*. Bucureşti, Editura tehnică, 1954.
120. Rogers, W. F. *Composition and properties of oil well drilling fluids*. Ed. a III-a Houston-Texas, Gulf Publishing Company, 1963.
121. Terzaghi, K. *Mécanique théorique des sols*. Paris, Dunod, 1951.
122. Terzaghi, K. *From theory to practice in soil mecanics*. New York, John Wiley 1960.
123. Terzaghi, K. şi Peck, R. *Die Bodenmechanik in der Baupraxis*. Berlin Verlag Springer, 1961.
124. Terzaghi, K. *Engineering properties of sediments*. În: Economic Geology, 50 th Anniv., vol., p. 581, 1955.
125. Terzaghi, K. *Stability of steep slopes on hard unweathered rock*. În: Geotechnique, vol. 12, nr. 4, (Harvard Soil Mechanics Series, nr. 69), 1962.
126. Stamatiu, N. *Mecanica rocilor*. Bucureşti, Editura tehnică, 1962.
127. Mateescu, C. *Hidraulica*. Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică 1963.
128. Beloussov, V. *Basic problems in geotectonics*. New York, McGraw-Hill Book Company, 1962.
129. Compton, R. *Manual of field geology*. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1962.
130. Von Bubnoff, S. *Fundamentals of geology*, Londra, Oliver & Boyd, 1963.
131. Kirkaldy, J.F. *General principles of gelogy*. Londra, Gutchinson, 1963.
132. Russel, W. L. *Prihciples of petroleum geology*. New York, McGraw Hill Book Company, 1960.
133. Russel, W. L. *Structural geology for petroleum geologist*. New York, McGraw-Hill Book Company, 1955.
134. Robert, M. *Géologie des pétroles*. Paris, Gauthier-Villars, 1959.
135. Goguel, J. *Traité de tectonique*. Paris, Masson & Cie., Edituers, 1952.
136. Landes, K. *Petroleum geology*. Londra, Chapman & Hall, Ltd., 1959.

Scanned with OKEN Scanner

137. Willis, B. şi Willis, R. *Geologic structures.* New York, McGraw-Hill Book Company, 1934.
138. Hillis, E. S. *Elements of structural geology.* Londra, Matheu & Company, 1963.
139. Brager, I. *Organic geochemistry.* Oxford, Pergamon Press, 1963.
140. Smith, G. *Phisycal geochemistry,* Londra, Addison-Wesley Publishing Company, 1963.
141. Amix, J. *Petroleum reservoir engineering.* Londra, McGraw-Hill Book Company, 1960.
142. Burcek, E. *Properties of petroleum reservoir fluids.* Londra, John Wiley & Sons, Ltd., 1957.
143. Gatlin C. *Petroleum engineering.* Londra, Prentice Hall International, Inc., 1960.
144. Mc Gray, A. Cole, F. *Oil well drilling technology.* Oklahoma, University Oklahoma Press, 1960.
145. Frick, T. *Petroleum production handbook.* New York, McGraw-Hill Book Company, 1961.
146. Moody, C. *Petroleum exploration handbook.* New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1961.
147. Grüdner W. *Aufbereitung Bergbaulicher Rohstoffe.* Vol. I, 1955,
148. Grüdner. W. *Arbeitsmethoden im Aufbereitungslaboratorium,* Vol. II. Goslar R.F.G. Herman Hobener Verlag, 1957.
149. Sutherland, K. L. şi Wark, I. W. *Principles of flotation.* Australian Institute of Mining and Metalurgy Melbourne. Londra, Mc Graw-Hill Book Company, 1955.
150. Gaudin, A.M. *Flotation.* Ed. a II-a New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1957.
151. Taggart, A.F. *Elements of ore dressing.* Londra, John Wiley & Sons, Ltd. 1951.
152. Crocker Sabin. *Piping handbook.* Ed. a V-a. New York şi Londra, Mc-Graw-Hill Book Company, 1958.
153. Brantly, J. E. *Rotary drilling handbook,* Ed. a V-a New York, Palmer Publication, 1952.
154. Van Niel C. B. *American scientist.* Nr. 37, 1949.
155. Starkey, R.L. *Soil science.* Nr. 70, 1950.
156. Carpenter, L.V. şi Herndon, L.K. *West Virginia Univ., Bull., Eng. Exp. Sta. Research* Bull,. nr. 10, 1933,
157. Temple, K.L. şi Colmer, A.R. *J. Bact,* Nr. 62, 1951.
158. Grunner, J. W., *Econ. Geol.* Nr. 27, 1927.
159. Allred, R.C. *The role of microorganisms in oil field waterflooding operations.* Producers Monthly, 18 :18, 1954.
160. Swinnerton, A.C. *Science.* Nr. 63. 1926.
161. Morison, C. G. T. şi Sothers, D.B. *J. Agr.* În : Science, Nr. 6, 1914.
162. Prevot, A.R. *Traité de systématique bactérienne.* Vol. II. Paris, Dunod, 1961.
163. Sharpley, J. M. *Microbiological corrosion in waterfloods.* NACE meeting, Tulsa — S.U.A. Oct, 1960.
164. Trautenberg, G.A. *Sulfate reduction in bacterial corrosion,* În : Materials Protection, vol. III, febr., 1964.
165. Bentelspacher, H. şi Vander Marel, H.W. *Atlas of electron microscopy of clay minerals and their addmixtures.* Elsevier Publishing Company, Amsterdam — Londra — New York, 1968.

Scanned with OKEN Scanner

166. Dan Rădulescu. *Petrografia rocilor sedimentare.* Editura Didactică şi Pedagocică, Bucureşti, 1965.
167. Albert Carozzi. *Pétrographie des roches sédimentaires.* Éditions du Griffon Neuchatel/Suisse, diffusion Dunod, Paris.
168. Zimmerman, R. E. *Japan's Swirl Cyclone, a new approach to Dense — Media Cleaning.* În: World Coal, May, 1975/Vol. 1, Nr. 3. Miller Freeman Publications, Inc. San Fancisco — S.U.A.
169. C. Dan Keally, Roy E. Williams. *Flow through a tailings Pond Embankment.* În: Water resources research, vol. 7, Nr. 1, febr., 1971, S.U.A.
170. Kealy, Charles Daniel. *Sepage—enviromental analysis of the slime done of a Tailinys Pond.* În: U. S. Bureau of Mines, 1974, U. S. Department of the interior, Washington.
171. Millot G. *Relations entre la constitution et la genèse des roches sedimentaires argileuses.* În Bull. Assoc. Ing. Géol. Univ. Nancy II, 2—3—4, 1949.
172. Shukri, N. M. *The use of pH values in determining the environment of deposition of some liassic clays and shales.* În Bull. Fac. Sc. Le Caire 24, 1941.

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Prefața 3

Cap. I. **Industria extractivă și protecția mediului înconjurător. Ape uzate din industria minieră. Privire de ansamblu** 7

A. Ape de mină 7

B. Apele reziduale și sterilul provenit de la uzinele de preparare și din lucrările de hidromecanizare 8

Cap. II. **Caracteristicile și parametrii principali ai suspensiilor minerale și ai apelor rezultate din procesul de preparare — tulbureală** 16

A. Caracteristicile suspensiilor minerale 16

1. Componența chimico-mineralogică și tixotropia 16

2. Granulometria 37

3. Indicii fizico-mecanici 41

B. Ape rezultate din procesul de preparare 41

1. Caracteristicile tulburelii 41

a. Densitatea. b. Vîscozitatea. c. Tixotropia. d. Filtrarea. e. Indicele *p*H . 41; 42

f. Determinarea conținutului de steril 52; 53; 55; 58

2. Considerații cu privire la sedimentare 61

Cap. III. **Metode și procedee pentru îndepărtarea sterilului și limpezirea apelor cu suspensii minerale** 68

A. Metode și procedee folosite în trecut în România 68

1. Procedeul aplicat la Gura Barza 68

2. Procedeul aplicat la Certej — Săcărîmb 69

3. Procedeul aplicat la Baia de Arieș 72

4. Procedeul aplicat la Bălan. 72

5. Procedeul proiectat pentru aplicare la Căpnic 73

B. Structura și caracteristicile depozitului de steril 73

1. Generalități 73

2. Procedeul „Depunerea subacvatică dirijată și sonda inversă” 75

a. Principiul procedeului. b. Considerații cu privire la porozitatea sedimentelor. c. Stratificația încrucișată 75; 79; 83

C. Metode de construire a digului și depozitarea sterilului 88

D. Metodologia pentru obținerea digului de centură prin procedeul „Depunere subacvatică dirijată” și cu „Sonda inversă” 95

1. Metodologia procedeului. 95

2. „Sonda inversă” și conducte de evacuare a apei limpezite 98

3. Alcătuirea ansamblului instalației 104

4. Funcționarea instalației 111

E. Construirea digului cu hidrociclonul în Statele Unite ale Americii și în Canada 113

F. Depozitarea submarină a sterilului 122

G. Stabilizarea depozitelor de steril din minerale înainte și după abandonare 124

1. Stabilizarea fizică 125

2. Stabilizarea vegetală 126

3. Stabilizarea chimică 127

4. Stabilizarea chimico-vegetală 128

Cap. IV. **Considerații cu privire la diguri, transportul sterilului, materiale de construcție a pompelor și trăsăturile principale privind proiectarea pompelor de tulbureală, hidroelevatoare, hidrocicloane, îngroșătoare, decantoare, centrifuge** 130

Scanned with OKEN Scanner

A. Diguri din steril 130
1. Stabilitatea digului și a fundamentului. 130
2. Tasarea digului 136
3. Circulația apei într-un iaz de decantare. 137
4. Controlul infiltrațiilor. 137
5. Stabilirea granulozității materialului drenant. 139
6. Clasificarea sedimentelor din punct de vedere geotehnic 141
B. Transportul sterilului 142
1. Viteza de transport 142
2. Pompe pentru tulbureală
(Convenționale — cu mișcarea plungerului sau rotorului, în tulbureală — Mitshubishi (Japonia) — cu mișcarea plungerului în ulei și Hidroelevatorul Hitachi (Japonia), cu mișcarea rotorului în apă) . . 144
C. Materiale de construcție pentru pompe 160
D. Trăsături principale privind proiectarea pompelor de tulbureală . . . 161
1. Legarea în serie a pompelor centrifuge 161
2. Regimul vitezelor pompelor de tulbureală 162
3. Acționarea pompelor de tulbureală 162
E. Îngroșătoare: tipuri reprezentative, construcția și dimensionarea, încercări de sedimentare-îngroșare și filtrare a reziduurilor de la spălătoriile din Valea Jiului — sedimentație centrifugă: decantorul centrifugal Broadbent, Pridro-Ciclonul Virtej — Japonez 163
Cap. V. **Încercări și rezultate obținute în stația experimentală** 187
A. Amplasamentul și alcătuirea stației experimentale 187
B. Încercările efectuate în stația experimentală 190
1. Determinarea pierderilor de presiune 191
2. Uzura utilajului de pompare 193
3. Determinări de laborator privind sterilul de la Gura Barza 194
4. Încercări de sedimentare subacvatică dirijată 195
5. Limpezirea apei în instalația experimentală 199
C. Încercări de separare prin centrifugare și cu hidrociclonul. . . . . Cercetarea degradării rîului prin evacuarea sterilului 204
1. Încercări de separare prin centrifugare 204
2. Încercări cu hidrociclonul 207
3. Cercetarea degradării rîului Criș prin evacuarea sterilului de la uzina Gura Barza 208
Cap. VI. **Verificarea procedeului și analiza rezultatelor obținute în stația experimentală** 211
A. Verificarea condițiilor de stabilitate a digurilor vechilor iazuri de decantare 211
1. Amplasamentul și descrierea iazurilor 211
2. Starea vechilor diguri și iazuri. Cercetări geotehnice de teren și de laborator 213
a. Obiectul cercetărilor. b. Lucrări de teren. c. Natura materialului și repartiția lui din punct de vedere granulometric pe orizontală și pe verticală. d. Indici caracteristici. e. Concluzii asupra stării actuale a digurilor și iazurilor deduse în urma cercetărilor făcute pe teren și în laborator 213; 214; 218
B. Verificarea rezultatelor obținute în stația experimentală 223
C. Concluzii generale 226
1. Concluzii asupra iazurilor vechi 226
a. Panta taluzurilor digurilor. b. Modul de consolidare. c. Stabilitatea terenului de bază. d. Consolidarea depozitului din iazuri 226; 227; 228; 229
2. Concluzii asupra noilor iazuri 231

Scanned with OKEN Scanner

Cap. VII. **Proveniența și caracteristicile apelor reziduale cu suspensii minerale** . . 232
A. Proveniența apelor reziduale și natura suspensiilor minerale 232
1. Ape reziduale cu suspensii minerale provenite de la industria minieră 232
2. Ape reziduale cu suspensii minerale provenite de la alte industrii . . 233
B. Determinările parametrilor principali ai apelor reziduale cu suspensii minerale 235
1. Caracteristicile diferitelor categorii de steril 235
2. Încercări de decantare 236
a. Sterilul de grafit de la Baia de Fier. b. Sterilul de minereu complex de la Săvîrșin. c. Sterilul de minereu auroargentifer de la Săsar, Cavnic (complex) și Baia Sprie (complex). d. Sterilul provenit de la spălarea cărbunilor de la Lupeni. e. Apele reziduale de la instalația de spălare a gazelor de la furnalele din orașul Hunedoara. f. Apele reziduale de la instalațiile de flotație de la Rușchița, Băița-Baia Mare, Bucium, Baia de Arieș și Băița Crăciunești. g. Ape reziduale cu steril de minereu de cupru și minereu auroargentifer. h. Apa reziduală de la instalația de flotație Deva. i. Apele reziduale de la prepararea bauxitei — Dobroești. Caracteristicile tulburelii cu steril . . . 236; 239; 241; 245; 246
C. Diverse sterile și parametrii respectivi 246
1. Cenușa și zgura de la centrala termică Paroșeni 246
D. Condiții hidrologice și hidrogeologice 255
Cap. VIII. **Principii de calcul și proiectare a instalației** 357
A. Bazele specifice de proiectare, amplasarea iazului de decantare și modul de aducțiune a apei reziduale cu steril 257
1. Bazele specifice de proiectare 257
2. Amplasarea iazului de decantare 257
3. Capacitatea de inmagazinare și înălțimea iazului (depozitului de steril). 259
4. Aducțiunea tulburelii de la uzina de preparare pînă la iaz 262
B. Dimensionarea instalației de evacuare și decantare a apei reziduale cu steril de la prepararea minereurilor 263
1. Conducte de refulare și de deversare a tulburelii cu steril în suspensie; metode nomograme și diagrame de calcul. Transportul tulburelii pe jgheab 263
2. Instalația de pompare a tulburelii 274
3. Amenajarea iazului de decantare și digul de amorsare 275
C. Evacuarea hidromecanică și depozitarea cenușii și a zgurii de la centrala termoelectrică Paroșeni prin procedeul „Depunerii subacvatice dirijate" 279
1. Elemente de calcul 279
2. Deversarea și limpezirea tulburelii 283
3. Măsuri pentru buna funcționare a instalației de evacuare și depozitare a cenușii și zgurii de la centrala termoelectrică Paroșeni 286
Cap. IX. **Aplicarea procedeului „Depunerii subacvatice dirijate" și rezultatele obținute** 296
A. Perioada 1950—1960 296
1. Iazul de decantare Deva 296
2. Evacuarea sterilului de la filtrele cu vacuum din instalațiile de cianurare 298
3. Condițiile de aplicare și rezultatele obținute la Baia de Arieș 299
B. Perioada după 1960 302
1. Aplicarea procedeului în sectorul preparării minereurilor auroargentifere și complexe. 302
2. Aplicarea procedeului „Depunerii subacvatice dirijate" la evacuarea cenușii și zgurii de la centralele termoelectrice 306

Scanned with OKEN Scanner

3. Aplicarea procedeului „Depunerii subacvatice dirijate" la suspensiile provenite de la spălarea gazelor de furnal. 307
4. Alte aplicații ale procedeului „Depunerii subacvatice dirijate" 307
C. Controlul evacuării și decantării sterilului 308

Cap. X. **Lucrări de cercetare** 310
A. Caracteristicile tulburelii de la prepararea minereurilor 310
B. Comparație între sedimentele depuse subacvatic cu stratificație încrucișată și cele fără stratificație încrucișată. 315
C. Compoziția mineralogică a sterilelor și impermeabilitatea digurilor . . . 320
D. Stabilitatea depozitelor de steril 322
1. Iazurile Baia de Arieș 324
2. Iazul de decantare Brad 326
3. Iazul de decantare Deva 328
4. Iazul de decantare Capnic 329
E. Cercetări geofizice efectuate de I S P în 1964 330
1. Cercetări seismice cu metoda refracției 331
2. Cercetări electrometrice 332
3. Cercetări geofizice (electrometrice) efectuate de I.P.G.G. în 1972 . . 334
F. Cercetări microbiologice 336
1. Thiobacillus ferrooxidans 336
2. Thiobacillus Thiooxidans 340
G. Constatări și recomandări 343
H. Comparație cu alte procedee 347
1. Construirea digului în trepte folosind sterilul excavat din marginea incintei iazului 347
2. Construirea digului prin conuri din sterilul depus direct în iaz . . . 347
3. Construirea digului cu ajutorul clasificatorului 348
4. Construirea digului în trepte (berme) folosind conurile de deșlamare 350
5. Construirea digului în trepte (berme) folosind excavatorul 350
a. Evacuarea sterilului prin metode combinate. b. Evacuarea sterilului cu hidrociclonul 351

Cap. XI. **Investigații hidrogeotehnice în depozitele de steril și iazurile de decantare, efectuate în anul 1972 de IPROMIN, ICEMIN, I.C.P.T.G., INCERC, I.G.P.S.M.S. și I.P.G.G.** 357
A. Avaria iazului de la Certej Săcărîmb 357
1. Lucrări de teren 360
a. Sondaje geotehnice. b. Observații geologo-tehnice 360; 362
2. Lucrări de laborator 363
a. Analize fizice și mecanice b. Analize mineralogice. c. Analize chimice 363; 364; 366;
3. Factori și cauze posibile care au concurat la avariera depozitului de steril 371
a. Deversarea tulburelii în iaz. b. Procese de diageneză și laminare. c. Tixotropia — parametru reologic al mineralelor argilei-grupul montmorillonit, caolinit și illit. d. Lichefierea 373; 374; 375; 376;
B. Iazul de decantare Deva 377
C. Iazul de decantare Teliuc 382
D. Iazurile de la flotația centrală Baia Mare Iazul din comuna Tăuții de Sus. 385
E. Iazul Zlatna 391
F. Iazurile de la I.M. Baia de Arieș. 395

Scanned with OKEN Scanner

G. Iazul Gura Roșie 398
H. Iazul Capnic 400
I. Iazul Băiuț 404
J. Iazul Rovina—Gura Barza 408
K. Iazul Tarnița-Suceava pentru Leșul Ursului 413
L. Iazurile de la Bălan 419
M. Iazul Chiștag (bauxită) Studiul hidrogeotehnic 422
N. Iazul Fundul Moldovei 424
O. Iazul Baia de Fier 429
Bibliografia 435

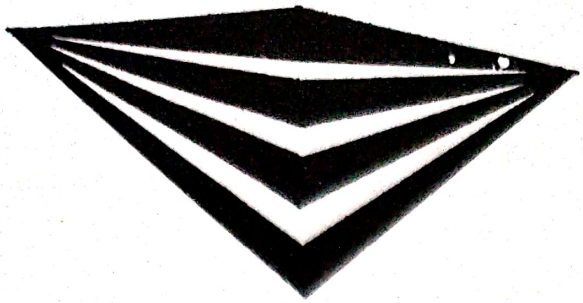
Scanned with OKEN Scanner

Control ştiinţific: Ing. POMPEI REBREANU
Redactor: Ing. ION RADU
Tehnoredactor: THEODOR IVAN

Bun de tipar: 2. VII. 1975. Coli tipar: 28
Planşe: 13 buc. Tiraj: 930+90 exemplare legate C.Z. 622.5

c. 2128 I. P. „INFORMAŢIA".
Str. Brezoianu nr. 23 – 25
Bucureşti

Scanned with OKEN Scanner



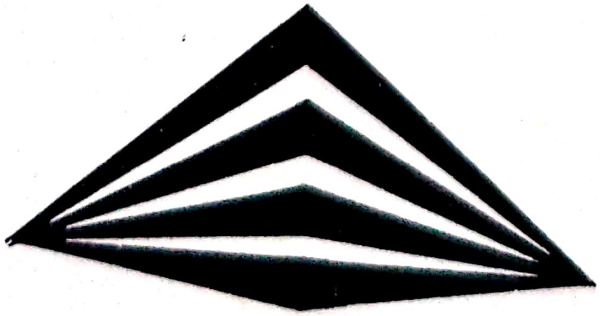
VOR APAREA:

Darabont Alexandru şi Văiteanu Dan
Combaterea poluării sonore şi a vibraţiilor

Voicu Victor, Casian Eugen şi Bărăscu Ion
Realizări recente în combaterea poluării atmosferei în industrie

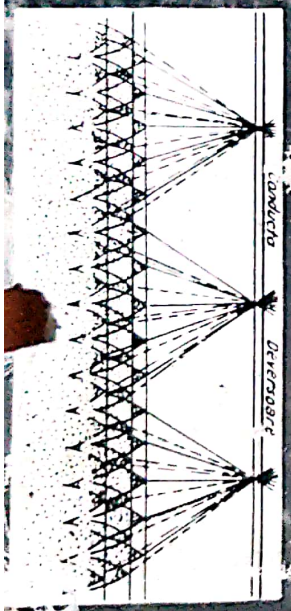
Ursu Pascu, Frosin Dan, Popa Dorin, Tatu Elena şi Frosin Dora
Protejarea aerului atmosferic. Îndrumător practic

Simonetti Aurel
Canalizări în mediul rural



Lei 27

Scanned with OKEN Scanner



ȘTEFAN VOICULESCU-DIOȘTI

EPURAREA APELOR INDUSTRIALE CU SUSPENSII MINERALE

Scanned with OKEN Scanner